



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS**  
**NATURALES Y DEL AMBIENTE**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA EFICIENCIA DEL USO DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) VARIEDAD INIAP-GUARANGA 2010 CON CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA GRANJA LAGUACOTO III, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO, OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR, A TRAVÉS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE, ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**AUTOR:**

**ELVIS MAURICIO GUALOTUÑA LÓPEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. CARLOS MONAR BENAVIDES. M.Sc.**

**GUARANDA – ECUADOR**

**2012**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA EFICIENCIA DEL USO DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) VARIEDAD INIAP-GUARANGA 2010 CON CINCO NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA GRANJA LAGUACOTO III, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.**

**REVISADO POR:**

.....  
ING. CARLOS MONAR BENAVIDES. M.Sc  
DIRECTOR DE TESIS

.....  
ING. KLEBER ESPINOZA MORA Mg.  
BIOMETRISTA

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN DE TESIS.**

.....  
ING. NELSON MONAR GAVILANES M.Sc  
ÁREA TÉCNICA

.....  
ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.  
ÁREA REDACCIÓN TÉCNICA

## **DEDICATORIA**

En primer lugar dedico este trabajo a Dios, por darme fuerza, valor y coraje para hacer este sueño realidad

A mis queridos padres, Miguel Gualotuña y Reina López, que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento, porque creyeron en mí dándome un apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera, ellos fueron los que estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles, y en gran parte gracias a ustedes hoy, puedo ver alcanzada mi meta.

A mi amada esposa Ceci y Bryan, mi hijo los tesoros más grandes de mi corazón, sin el empuje de ellos no hubiese culminado lo que empecé, y ahora puedo decir que mis logros son suyos.

A mi ausente hermano Freddy por haber compartido esos momentos tan hermosos de nuestras vidas, pero que dolorosamente tuvo que marcharse tan temprano.

Mil palabras no bastarían para agradecerles, su apoyo, comprensión y sus consejos alentadores, motivo por el cual hoy orgullosamente soy un Ingeniero Agrónomo.

**Elvis Mauricio**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis amados padres, gracias por el apoyo que me han brindado desde la infancia hasta ahora, y porque siempre han trabajado para darme lo mejor, a través de estas líneas quiero decirles lo mucho que les quiero.

A mi preciosa y amada esposa, no tengo palabras para decirte lo mucho que te amo, gracias por apoyarme y creer en mí y verme realizado como un profesional.

Mi gratitud y agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias y del Ambiente, Escuela de Ingeniería Agronómica, especialmente a sus catedráticos que supieron entregarme lo mejor de sus conocimientos, sabiduría y contribuir en mi formación ética y profesional.

Un agradecimiento muy especial a mi tutor y Director de tesis al Ing. Carlos Monar B. M.Sc por la acertada orientación, el soporte técnico y la enseñanza magistral que me brindó, crítica que me permitió realizar un buen trabajo de mi investigación.

Al Ing. Kleber Espinoza Mg Biométrista por sus orientaciones en el análisis estadístico, y al Dr. Jorge Delgado científico de ARS USA a través del proyecto INIAP – SANREM - CRSP que me permitió generar el programa de Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador.

A los distinguidos miembros del tribunal de tesis por su aporte en la aprobación de este trabajo, Ing. Sonia Fierro Mg. Área Redacción Técnica; Ing. Nelson Monar M.Sc Área Técnica, que gracias a su conocimiento apoyaron al desarrollo y culminación del presente trabajo.

A mis amigos de la carrera: Jorge Carguaricra, Xavier Aguilar, Julio Remache quienes me ayudaron en la labor de campo de esta investigación, gracias queridos compañeritos por el apoyo desinteresado.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>PÁG.</b>
<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1.	ORIGEN.....	4
2.2.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	4
2.3.	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	5
2.3.1.	Raíz.....	5
2.3.2.	Tallo.....	5
2.3.3.	Hojas.....	5
2.3.4.	Inflorescencia.....	5
2.3.5.	Grano.....	5
2.3.6.	Tipos de cebada.....	6
2.4.	IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	6
2.5.	REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS.....	7
2.5.1.	Clima.....	7
2.5.2.	Temperatura.....	7
2.5.3.	Suelo.....	7
2.6.	VARIEDADES.....	8
2.6.1.	Productividad.....	8
2.6.2.	Precocidad.....	9
2.6.3.	Encamado.....	9

2.6.4.	Resistencia al frío.....	9
2.7.	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE CEBADA CULTIVAR INIAP – GURANGA 2010...	10
2.7.1.	Introducción.....	10
2.7.2.	Origen.....	11
2.7.3.	Características morfológicas.....	11
2.7.4.	Características Agronómicas.....	12
2.7.5.	Características de calidad.....	12
2.7.6	Zonificación.....	12
2.7.7.	Recomendaciones generales para el cultivo.....	13
2.7.7.1.	Preparación del terreno.....	13
2.7.7.2.	Densidad de siembra.....	13
2.7.7.3.	Riego.....	13
2.7.7.4.	Fertilización.....	13
2.7.7.5	Malezas.....	14
2.7.7.5.1.	Control de malezas.....	14
2.7.7.6.	Enfermedades.....	15
2.7.7.6.1.	Carbón hediondo ( <i>Tilletia caries</i> ).....	14
2.7.7.6.2.	Carbón volador ( <i>Ustilago tritici</i> ) .....	14
2.7.7.6.3.	Roya de glumas ( <i>Puccinia Glumarum</i> ).....	15
2.7.7.6.4.	Roya amarilla ( <i>Puccinia striiformis</i> ).....	15
2.7.7.6.5.	Roya del tallo ( <i>Puccinia graminis</i> ).....	15
2.7.7.6.6.	Escaldadura ( <i>Rhynchosporium secalis</i> ) .....	15
2.7.7.6.7.	Virus amarillo del enanismo de la Cebada	16

	<b>(VBYD)</b> .....	
2.7.7.	Control de enfermedades.....	16
2.7.7.8.	Cosecha.....	16
2.7.7.9.	Usos.....	16
2.8.	<b>NITRÓGENO</b> .....	17
2.8.1.	Eficiencia de uso del nitrógeno en la cebada.....	17
2.8.2.	El nitrógeno y la eficiencia de uso del agua.....	19
2.8.3.	Importancia del nitrógeno para las plantas.....	19
2.8.4	Fijación del nitrógeno.....	19
2.8.5.	Ciclo del nitrógeno.....	20
2.8.6.	Fases del ciclo del nitrógeno.....	22
2.8.6.1.	Fijación biológica.....	22
2.8.6.2.	Mineralización e inmovilización del N.....	22
2.8.6.3.	Nitrificación.....	23
2.8.6.4.	Denitrificación.....	24
2.9.	<b>PERDIDAS DE NITRÓGENO</b> .....	24
2.9.1	Volatilización de amoníaco.....	24
2.9.2.	Desnitrificación.....	25
2.9.3.	Lixiviación.....	26
2.9.4.	Escurrimiento superficial.....	26
2.9.5.	Ventajas y desventajas del N en las plantas.....	27
2.9.6.	Fuentes de N.....	28
2.9.6.1.	Fuentes químicas.....	29

2.9.6.2.	Fuentes orgánicas.....	29
2.10.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO.....	30
2.10.1.	Textura.....	30
2.10.2.	Densidad Aparente .....	31
2.10.3.	Compactación del suelo.....	31
2.10.3.1.	Efectos de la compactación del suelo.....	32
2.10.4.	Estructura del suelo y Agregados.....	33
2.11.	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO.....	33
2.11.1.	PH, acidez y alcalinidad.....	33
2.11.2.	Capacidad de Intercambio Catiónico.....	34
2.11.3.	Materia orgánica.....	34
2.11.3.1.	Influencia en las propiedades físicas.....	35
2.11.3.2.	Acción directa de la materia orgánica sobre el crecimiento vegetal.....	35
2.11.3.3.	Influencia en las propiedades químicas.....	36
2.11.3.4.	Efectos biológicos.....	36
2.11.4.	Conductibilidad Eléctrica.....	36
2.12.	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO.	37
2.12.1.	Introducción.....	37
2.12.2.	Macroorganismos.....	37
2.12.3.	Microorganismos.....	38
2.13.	ESTRUCTURA DEL SUELO Y AGREGADOS.....	39
2.13.1.	Clases y tipos de estructura del suelo.....	39

2.14.	RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO (C/N).....	40
2.14.1.	Relación C/N en un suelo.....	40
2.15.	Manual del índice de nitrógeno.....	42
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>44</b>
3.1.	MATERIALES.....	44
3.1.1.	Ubicación del ensayo.....	44
3.1.2.	Situación geográfica y climática.....	44
3.1.3.	Características físicas – químicas del suelo.....	45
3.1.4.	Zona de vida.....	45
3.1.5.	Material Experimental.....	45
3.1.6.	Materiales de campo.....	45
3.1.7.	Materiales de oficina.....	45
3.2.	MÉTODOS.....	46
3.2.1.	Factores en estudio.....	46
3.2.2.	Tratamientos.....	46
3.2.3.	Procedimiento.....	46
3.2.4.	Tipo de Análisis Estadísticos.....	47
3.3.	MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS TOMADOS.....	47
3.3.1.	Análisis de física y química de suelos antes y después del ensayo.....	47
3.3.2.	Toma de muestras de restos vegetales y grano...	48
3.3.3.	Materia Seca.....	48
3.3.4.	Determinación de N en tejido vegetal (tallos y	

	hojas) y en el grano.....	49
3.3.4.1.	Determinación Biomasa total en Kg/ha.....	49
3.3.4.2.	Determinación de Biomasa Restos vegetales.....	49
3.3.4.3.	Extracción total de Nitrógeno.....	49
3.3.4.4.	Eficiencia agronómica.....	50
3.3.4.5.	Eficiencia química.....	50
3.3.5.	Agronómicas.....	51
3.3.5.1.	Días a la emergencia de plántulas.....	51
3.3.5.2.	Número de plantas por metro cuadrado.....	51
3.3.5.3.	Número de macollos por planta.....	52
3.3.5.4.	Días a la floración.....	52
3.3.5.5.	Altura de plantas.....	52
3.3.5. 6.	Número de espigas por metro cuadrado.....	52
3.3.5.7.	Número de granos por espiga.....	52
3.3.5.8.	Longitud de espiga.....	53
3.3.5.9.	Acame del tallo.....	53
3.3.5.10.	Incidencia y severidad de enfermedades foliares.....	52
3.3.5.11	Desgrane de espigas.....	54
3.3.5.12.	Días a la cosecha.....	55
3.3.5.13.	Rendimiento por parcela.....	55
3.3.5.14.	Porcentaje de humedad del grano.....	55
3.3.5.15.	Rendimiento en kilogramos por hectárea.....	55
3.3.5.16.	Peso de 1000 semillas en gramos.....	56

3.3.5.17.	Peso Hectolítrico. ....	55
3.3.6.	Económica.....	55
3.3.6.1.	Presupuesto Parcial y Tasa de Retorno Marginal de los tratamientos.....	55
3.4	MANEJO DEL ENSAYO.....	56
3.4.1.	Selección del lote.....	56
3.4.2.	Toma de muestra del suelo.....	57
3.4.3.	Preparación del terreno.....	57
3.4.4.	Fertilización química.....	57
3.4.5.	Siembra.....	57
3.4.6.	Tape.....	57
3.4.7.	Control químico de malezas.....	57
3.4.8.	Fertilización complementaria con N.....	58
3.4.9.	Cosecha.....	58
3.4.10.	Trilla.....	58
3.4.11.	Secado.....	58
3.4.12.	Aventado.....	58
3.4.13.	Almacenamiento.....	58
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>59</b>
4.1.	VARIABLES AGRONÓMICAS.....	59
4.2.	VARIABLES QUÍMICAS DEL SUELO Y DE LA PLANTA.....	68
4.3.	ÍNDICE DE NITRÓGENO.....	78
4.4.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN.....	86

4.5.	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL.....	86
4.5.1	Coeficiente de correlación.....	87
4.5.2	Coeficiente de regresión.....	88
4.5.3	Coeficiente de determinación.....	88
4.6.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE PRESUPUESTO PARCIAL.....	89
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
5.1.	CONCLUSIONES.....	93
5.2.	RECOMENDACIONES.....	95
<b>VI.</b>	<b>RESUMEN Y SUMMARY.....</b>	<b>97</b>
6.1.	RESUMEN.....	97
6.2	SUMARY.....	99
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>101</b>
	ANEXOS	



## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N <sup>o</sup>	DENOMINACIÓN	PÁG.
N <sup>o</sup> 1.	Cuadro N <sup>o</sup> 1 Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos en las variables agronómicas: DEP; PMC; NMP; DF; AP; EMC; NGE, LE; AT; Virus BYD, <i>Fusarium nivale</i> hoja; <i>Helminthosporium</i> spp; DE; DC; PS; PH y RH.....	60
N <sup>o</sup> 2.	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos en las variables químicas: pH del suelo; (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), M.O, de 0 a 30 cm de profundidad, pH del suelo; (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ); M.O de 30- 60 cm; Biomasa total de tejido vegetal y grano; Biomasa tejido vegetal; Materia seca de tejido vegetal, Extracción de N tejido vegetal; Biomasa del grano; Materia seca grano; Extracción de N en grano; Extracción total de N tejido vegetal y grano, Ef. Agronómica; Ef. química.....	69
N <sup>o</sup> 3.	Resumen de los principales resultados del análisis del Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, promedio de los tratamientos del cultivo de cebada. Laguacoto III 2011.....	79

N <sup>o</sup> 4.	Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes que tuvieron una significancia estadística sobre el rendimiento (variable dependiente – Y).....	87
N <sup>o</sup> 5.	Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP). Cultivo de cebada Laguacoto. 2011. ....	90
N <sup>o</sup> 6.	Análisis de dominancia.....	91
N <sup>o</sup> 7.	Análisis Marginal de Retorno (TMR %).....	91

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N <sup>0</sup>	DENOMINACIÓN	PÁG
N <sup>0</sup> 1.	Respuesta del cultivo de cebada INIAP – Guaranga 2010 a la fertilización nitrogenada. Lagunacoto 2011.....	67
N <sup>0</sup> 2.	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, en el tratamiento T1 (0 Kg/ha de N).....	82
N <sup>0</sup> 3.	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, en el tratamiento T2 (40 Kg/ha de N).....	83
N <sup>0</sup> 4.	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N).....	84
N <sup>0</sup> 5.	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, en el tratamiento T4 (120 Kg/ha).....	85
N <sup>0</sup> 6.	Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador en el tratamiento T5 (160 Kg/ha).....	86

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la cebada (*Hordeum vulgare L.*) ocupa el quinto lugar entre los cereales de mayor producción, es de vital importancia en la industria y alimentación humana. La producción de cebada en el año de 2009, fue de 150 millones de toneladas siendo Rusia el primer productor agrícola con 17.880.760 millones de TM y Canadá con 9.122.000 de TM. (INEC. 2010. Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos)

La cebada es uno de los cereales rico en proteínas, minerales y vitaminas. Su importancia estriba en que contiene nutrientes en forma concentrada, son fáciles de almacenar, transportar y se conserva por mucho tiempo, se puede utilizar como materia prima o como producto elaborado. (PARZONS, M. 1994)

En la Comunidad Andina de Naciones (CAN) la producción en el 2009 alcanzó un promedio de 326.272 TM encontrándose con una mayor producción Perú con 213.208 TM, seguido de Bolivia 74.074, Ecuador 21.423 y Colombia con 17.567 TM. (INEC. 2010. Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos)

A nivel nacional la superficie sembrada de este cereal es de 35.254 has con un rendimiento promedio de 800 kg/ha, obteniéndose un rendimiento nacional de 22.400 toneladas métricas. (MONAR, C. 2002)

En la provincia de Bolívar el cultivo de cebada forma parte de los sistemas de producción en unicultivos o asociados en altitudes comprendidas entre los 2.700 a 3.500 msnm, el cual se constituye en un alimento de seguridad alimentaria. Anualmente se cultivan 3.000 hectáreas con un rendimiento promedio de 1.2 TM/ha, el mismo que es muy bajo si comparamos con las 7 TM/ha que se obtienen en USA, y 5 TM/ha en Brasil. (MONAR, C. 2008)

Los principales usos en la provincia Bolívar son como harina (máchica), arroz de cebada, en varias formas de consumo, además sirve para el alimento de especies menores, cerdos y como forraje para los bovinos. (MONAR, C. 2000)

Según estudios realizados en base a la fertilización de cereales, la eficiencia de utilización del N ha sido estimada en el orden del 33 % a nivel mundial. Esta estimación se realizó teniendo en cuenta la producción de cereales, la concentración de N en los granos, el uso de fertilizantes y suponiendo que el suelo y la atmósfera aportan un 50 % del N total removido. (RICO, E. 2006)

En términos generales, se estima que entre el 50 y el 80 % de N aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50 % del N se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental. Las pérdidas de N se producen por diferentes vías de distinta magnitud e importancia. (ECHAGUE, M. 2004)

Los cereales y particularmente la cebada, responde favorablemente a la aplicación de N, siendo de mucha importancia mejorar la eficiencia de índice de N con la validación y aplicación de buenas prácticas de manejo del cultivo. (MONAR, C. 2011)

La cebada es muy exigente en fertilización nitrogenada, siendo el N un elemento indispensable para el buen desarrollo de este cultivo. Sin embargo la eficiencia de N a nivel mundial está alrededor del 33% y la diferencia se pierde por varios procesos fisiológicos, químicos y biológicos, como son la lixiviación particularmente de nitratos, lo que incide a la contaminación del medio ambiente y los acuíferos. Está demostrado que los nitratos son causa de diferentes tipos de cáncer al consumir el agua de acuíferos contaminados. Pérdidas de un 10% a 40% se producen por volatilización, siendo una de las causas del calentamiento global y por ende el cambio climático.

Además en el Ecuador y por ende en la provincia de Bolívar, no se han realizado estudios que permitan cuantificar la eficiencia del Índice de N en el cultivo de cebada.

Esta investigación, permitió validar alternativas tecnológicas del manejo de la eficiencia de N, que propuso contribuir con Buenas Prácticas de Manejo (BPM) del cultivo.

Los objetivos planteados en esta investigación fueron:

- Evaluar la respuesta agronómica de cinco niveles de nitrógeno sobre los principales componentes del rendimiento de cebada cultivar INIAP – Guaranga 2010.
- Estudiar la eficiencia del Índice de Nitrógeno en el cultivo de cebada.
- Realizar un análisis económico de Presupuesto Parcial y Tasa Marginal de Retorno (TMR %).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. ORIGEN

Su cultivo se conoce desde tiempos remotos y se supone que procede de dos centros de origen situados en el Sudeste de Asia y África septentrional. Se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura. En excavaciones arqueológicas realizadas en el valle del Nilo se descubrieron restos de cebada, en torno a los 15.000 años de antigüedad, además los descubrimientos también indican el uso muy temprano del grano de cebada molido. (BLANCO, V. 1990 y BASTIEN, G. 1994.)

### 2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino:	Vegetal
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Pooideae
Tribu:	Triticeae
Género:	<i>Hordeum</i>
Especie:	<i>vulgare</i>
Nombre Científico	<b><u>Hordeum vulgare</u></b>

(PARSONS, D. 1994)

### 2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

#### 2.3.1. Raíz

El sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación con el de otros cereales. Se estima que un 60% del peso de

las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo y que las raíces apenas alcanzan 1,20 m. de profundidad. (CIMMYT. 2007. CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO)

### **2.3.2. Tallo**

El tallo es erecto, grueso, formado por unos seis u ocho entrenudos, los cuales son más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos. La altura de los tallos depende de las variedades y oscila desde 0.50 m. a un metro. (JANEZ, G. 2002)

### **2.3.3. Hojas**

La cebada es una planta de hojas estrechas y color verde claro. La planta de cebada suele tener un color verde más claro. En el punto en que el limbo se separa del tallo, al terminar la zona envainadora de la hoja se desarrollan las estípulas que se entrecruzan por delante del tallo, y una corta lígula dentada aplicada contra este. (GISPERT, C. 1998)

### **2.3.4 Inflorescencia**

Es una espiga compuesta, formada de otras espigas más pequeñas denominadas espiguillas, arregladas en forma alterna en el raquis o eje principal de la espiga. Cada flor posee una estructura pilosa llamada raquilla, protegida por glumas pilosas denominada lema y palea, que protegen la flor y permanecen en el fruto hasta después de la maduración; además, en cada flor se distinguen dos partes, los órganos sexuales y unas pequeñas estructuras insertadas en la base del ovario llamadas lodículos. (OSPINA, J. 2004)

### **2.3.5. Grano**

Están formados por el fruto con su semilla, que con el pericarpio, la lema y la palea forman la cáscara del fruto, que es seco indehiscente, con una sola semilla y que es una carióspside. La semilla posee dos partes el



embrión y el endospermo, que tiene dos capas; una harinosa y otra proteica. (GONZALEZ, C. 2002)

### **2.3.6. Tipos de cebada**

De tiempo en tiempo se han sugerido diversas formas para clasificar la cebada, tal vez el sistema de clasificación más útil sea uno basado en características estables que se puede identificar con facilidad. Sobre esta base se puede mencionar tres especies: cebada de seis hileras, cebada de dos hileras, y cebada irregular. Sin embargo de estos tres tipos hay variaciones. (DELORIT, J. 2001)

## **2.4. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA**

La cebada ocupa el cuarto lugar en importancia entre los cereales, después del trigo, maíz y arroz. La razón de su importancia se debe a su amplia adaptación ecológica y a su diversidad de aplicaciones. A continuación se muestran los principales países productores a nivel mundial. (INFOAGRO. 2007)

Cuadro 1.- Producción Mundial de cebada. 2009

<b>País</b>	<b>Producción año 2009 (millones de toneladas)</b>
Federación de Rusia	17.880,760
Alemania	12.288,100
Canadá	9.517,200
República Checa	4.949,370
Ecuador	21.423

Fuente: F.A.O. 2009. Elaboración ESAG (Estadísticas Agropecuarias)

## **2.5. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS**

### **2.5.1. Clima**

Las exigencias en cuanto al clima son muy pocas, por lo que su cultivo se encuentra muy extendido, aunque crece mejor en los climas frescos y moderadamente secos. La cebada requiere menos unidades de calor para alcanzar la madurez fisiológica, por ello alcanza altas latitudes y altitudes. En cuanto a la altitud, se ha sembrado entre los 1.800 y 3.200 msnm. (OSPINA, J. 2004)

En el Ecuador la cebada se cultiva en altitudes comprendidas entre los 2200 a 3700 msnm, en rotaciones después de papa o leguminosas. (MONAR, C. 2011)

### **2.5.2. Temperatura**

Para germinar necesita una temperatura mínima de 6°C florece a los 16°C y madura a los 20°C. Tolera muy bien las bajas temperaturas, ya que puede llegar a soportar hasta -10°C con promedio de 14°C. La óptima depende del desarrollo, de la variedad y del tipo de plantas. (PARSONS, D. 1994)

En la zona agroecológica de Laguacoto del cantón Guaranda, la cebada tolera rangos de temperatura de 2 °C a 24.5 °C. (MONAR, C. 2011)

### **2.5.3. Suelo**

La cebada prefiere tierras fértiles, pero puede tener buenas producciones en suelos poco profundos y pedregosos, con tal de que no falte el agua al comienzo de su desarrollo. No le van bien en los terrenos demasiado arcillosos y tolera bien el exceso de salinidad en el suelo. En terrenos compactos hay restricciones para el cultivo, pues se dificulta la

germinación y las primeras etapas del crecimiento de la planta. (GISPERT, C. 1998)

Los suelos arcillosos, húmedos y encharcadizos, son desfavorables para la cebada, aunque en ellos se pueden obtener altos rendimientos si se realiza un buen laboreo y se conserva la humedad del suelo. Los suelos con excesivo nitrógeno inducen el encamado e incrementan el porcentaje de nitrógeno en el grano hasta niveles inapropiados, cuando se destina a la fabricación de malta para cerveza. (INFOAGRO. 2007)

En la provincia Bolívar, Ecuador, la cebada prospera en un amplio tipo de suelos: Francos, franco limoso, franco arcilloso, arenoso, para lo cual es muy importante la época de siembra. (MONAR, C. 2011)

## **2.6. VARIEDADES**

Las cebadas cultivadas se distinguen por el número de espiguillas que quedan en cada diente del raquis. Si queda solamente la espiguilla intermedia, mientras abortan las laterales, tendremos la cebada de dos carreras (***Hordeum distichum***); si aborta la espiguilla central, quedando las dos espiguillas laterales, tendremos la cebada de cuatro carreras (***Hordeum tetrastichum***); si se desarrollan las tres espiguillas tendremos la cebada de seis carreras (***Hordeum hexastichum***). (OSPINA, J. 2004)

Las características fundamentales necesarias a tener en cuenta a la hora de elegir una variedad se pueden agrupar en tres grandes grupos:

### **2.6.1. Productividad**

Es un factor fundamental, pero visto desde el prisma de capacidad productiva en condiciones de cultivo.

Dados los suelos y climas en que la cebada se va a cultivar, es necesario que la variedad a sembrar sea capaz de dar buenas producciones en

condiciones áridas y de fertilidad media. Por tanto, un factor fundamental que deben presentar las variedades de cebada es buena resistencia cuando vayan a cultivarse en seco.

Indudablemente, las cebadas que sean para regadío deben presentar una alta capacidad productiva. (PLANTPRO. 2010)

### **2.6.2. Precocidad**

Es muy importante prestar atención a este factor, aunque la cebada es muy precoz, se presentan diferencias sensibles entre variedades. Dentro de los límites lógicos, marcados por las fechas medias en que se presentan heladas tardías, es preferible cultivar la variedad que sea más precoz. La adecuada precocidad permitirá una mayor resistencia a la sequía. (DELORIT, J. 2001)

### **2.6.3. Encamado**

En general, la cebada es más sensible al encamado que el trigo. Deberá prestarse especial atención a este carácter, ya que en tierras con suficiente fertilidad, en años lluviosos, el encamado puede producir disminución de la cosecha y favorecerá que se presenten problemas en la recolección. (INFOCEBADA. 2006)

### **2.6.4. Resistencia al frío**

En general, las cebadas de ciclo corto son sensibles al frío, aunque existen diferencias varietales. Al sembrarse al final del invierno en zonas frías, generalmente, pueden escaparse de este accidente. (ROJAS, M. 2003)

En el Ecuador las variedades liberadas por el INIAP a través del programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina más comunes son las siguientes:

Dorada

Terán 78 (Cervecera)

Duchicela

INIAP - Shyri 1989

INIAP - Calicuchima

INIAP - Atahualpa 92 (Grano desnudo)

INIAP - Shyri 2000

INIAP - Cañary 2002

INIAP - Pacha

INIAP - Cañicapae

INIAP – Quilitoa. (MONAR, C. 2010)

En procesos de investigación compartida entre el INIAP – Santa Catalina programa de cereales y la Universidad Estatal de Bolívar en Junio del año 2010, se liberó la variedad INIAP – Guaranga. (MONAR, C. 2011)

## **2.7. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE CEBADA CULTIVAR INIAP - GUARANGA 2010**

### **2.7.1. Introducción**

El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, con el objetivo de entregar a los productores de la sierra ecuatoriana nuevas variedades mejoradas de cebada ha desarrollado la variedad INIAP - Guaranga 2010. Esta variedad ha sido seleccionada, a través de procesos participativos, con agricultores cebaderos de la provincia Bolívar

y con la participación de la Universidad Estatal de Bolívar. Adicionalmente INIAP - Guaranga 2010 ha sido evaluada en algunas provincias de la Sierra Centro Norte de Ecuador. INIAP - Guaranga 2010 fue seleccionada por presentar características deseables como alto rendimiento y resistencia a roya amarilla de cebada. (MONAR, C. et, al. 2010)

### 2.7.2. Origen

INIAP - Guaranga 2010 es una variedad de cebada de dos hileras que proviene del cruzamiento entre las líneas JAZMIN/CARDO/TOCTE, cuyo historial de selección es CBSS95M00962T\_F\_3M\_1Y\_OM\_OE. Esta línea fue desarrollada en México por el Programa de Cebada de ICARDA\_CIMMYT introducida al Ecuador por el Programa de Cereales del INIAP en el año 2000. A partir de este año INIAP/Guaranga 2010, ha sido evaluada en la Estación Experimental de Santa Catalina y en varias localidades de la provincia de Bolívar. (MONAR, C. et, al. 2010)

### 2.7.3. Características morfológicas

**Cuadro 2.** Características morfológicas.

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Número de hileras	2 (díptica)
Número de macollos	de 6 -8
Número de granos por espiga	35-40
Tipo de espiga	Compacta
Tipo de grano	Cubierto
Color de grano	Amarillo claro
Color de aleurona	Blanco
Tipo de tallo	Tolerante al acame
Altura de planta cm	109-120
Tamaño de espiga cm	10

Fuente: (MONAR, C. et. al. 2010).

#### 2.7.4. Características agronómicas

**Cuadro 3.** Características agronómicas

<b>Características*</b>	<b>Descripción</b>
Ciclo del cultivo (días)	155 -170
Días al espigamiento	88 -104
Rendimiento (t/ha)	3.0 - 4.0
Peso de 1000 granos (g)	52
Resistencia a sequia	Resistente
Reacción a enfermedades	
Roya amarilla ( <i>Puccinia striiformis</i> )	Resistente
Roya de la hoja ( <i>Puccinia hordei</i> )	Resistencia parcial
Virosis (BYDV)	Resistente

Fuente: (MONAR, C. et, al. 2010).

#### 2.7.5. Características de calidad

**Cuadro 4.** Características de calidad

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Proteína (%)	12.6
Fibra (%)	6.9
Peso hectolítrico (kg/hl)	65
Rendimiento harinero (%)	65
Extracto libre de N (%)	79.2

Fuente: (Departamento de Nutrición y Calidad de la E.E.S.C. 2010).

#### 2.7.6. Zonificación

INIAP-Guaranga 2010 a mostrado una buena adaptación en los siguientes cantones: Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes (Bolívar); Ibarra, (Antonio Ante), Cotacachi, Urcuquí, (Imbabura); Cayambe, Pedro Moncayo, Mejía (Pichincha); Latacunga, Salcedo (Cotopaxi); Guano

(Chimborazo); Cañar, Azogues (Cañar) y Guanazán (El Oro), en altitudes comprendidas entre 2500 – 3500 msnm. (MONAR, C. et, al. 2010)

## **2.7.7. Recomendaciones generales para el cultivo**

### **2.7.7.1. Preparación del terreno**

La preparación del suelo podría consistir en un pase de arado y dos pases de rastra, con al menos dos meses de anticipación a la siembra.

### **2.7.7.2. Densidad de Siembra**

La cantidad de semilla recomendada es de 135 kg/ha (3.0 qq/ha). Si la siembra es realizada por máquina la cantidad de semilla recomendada es de 110 kg/ha (2.5 qq/ha). (MONAR, C. et, al. 2010)

### **2.7.7.3. Riego**

La cebada tiene un coeficiente de transpiración superior al trigo, aunque, por ser el ciclo más corto, la cantidad de agua absorbida es algo inferior. La gramínea tiene como ventaja que exige más agua al principio de su desarrollo que al final, por lo que es menos frecuente que en el trigo el riesgo de sufrir un estrés hídrico. De ahí que se diga que la cebada es más resistente a la sequía que el trigo, y de hecho así es, a pesar de tener un coeficiente de transpiración más elevado.

En el riego de la cebada hay que tener en cuenta que éste favorece el encamado, a lo que la cebada es tan propensa. El riego debe hacerse en la época del encañado, pues una vez espigada se producen daños, a la par que favorece la propagación de la roya. (GISPERT, C. 1998)

### **2.7.7.4. Fertilización**

Las dosis de fertilización deben ser basadas en un análisis de suelo; sin embargo, si no dispone de este, la fertilización puede ser basada en la extracción de nutrientes del cultivo de cebada que toma del suelo. La



recomendación, bajo esta circunstancia sería dos sacos de 10-30-10, luego, al macollamiento incorporar uno a dos sacos de urea por hectárea.

El cultivo aprovecha la urea de mejor manera si se lo aplica en forma fraccionada 50% en macollamiento y 50% embuchamiento. Si el agricultor dispone de abonos orgánicos como el compost, bokashi, humus de lombriz, aplicar bien descompuestos al suelo al voleo antes de realizar la siembra o en el momento de hacer el pase de rastra o con yunta en la cruz. (MONAR, C. et, al. 2010)

#### **2.7.7.5. Malezas**

La presencia de malas hierbas depende en gran medida del laboreo precedente a la siembra de la cebada. El barbecho de verano, en áreas semiáridas, al igual que el laboreo con vertedera junto a la aplicación de herbicidas, proporciona un control efectivo de las malas hierbas.

El empleo de herbicidas debe integrarse con las prácticas culturales, que proporcionan un control integrado de las malas hierbas, teniendo en cuenta que la cebada es un cultivo de bajos costos de producción y que el empleo de ciertos tratamientos con herbicidas, aconsejables en el trigo, puede no ser conveniente en la cebada desde el punto de vista económico. (ROJAS, M. 2003)

##### **2.7.7.5.1. Control de malezas**

Para controlar malezas de hoja ancha se puede aplicar el herbicida Metsulfurom Metil (Ally) en la dosis de un gramo/20 litros de agua a los 30 días después de la siembra. (MONAR, C. et, al. 2010)

## **2.7.7.6. Enfermedades**

### **2.7.7.6.1. Carbón hediondo (*Tilletia caries*)**

Se caracteriza por presentar espigas con mal olor, los granos son de polvo negro. Se puede controlar desinfectando la semilla con carboxin en dosis de un gramo / 5 Kg de semilla.

### **2.7.7.6.2. Carbón volador (*Ustilago tritici*)**

Presentan las espigas cubiertas por una masa negra pulverulenta, se puede prevenir con una desinfección de las semillas.

### **2.7.7.6.3. Roya de glumas (*Puccinia Glumarum*)**

Se presenta en forma de pústulas amarillentas en las hojas y glumas, se controlan con el uso de variedades resistentes.

### **2.7.7.6.4. Roya amarilla (*Puccinia striiformis*)**

Las pústulas de la roya amarilla o lineal, que contiene urediosporas de un color que varía entre amarillo y el amarillo anaranjado, por lo general forman estrías estrechas sobre las hojas. Se pueden encontrar pústulas sobre vainas, cuellos y glumas. (PLANTPRO. 2010)

### **2.7.7.6.5. Roya del tallo (*Puccinia graminis*)**

Pústulas herrumbrosas más o menos paralelas se puede controlar utilizando variedades resistentes. (CIMMYT. 2007)

### **2.7.7.6.6. Escaldadura ( *Rhynchosporium secalis*)**

Las lesiones que se producen temprano son de color gris azulado y con el tiempo crecen hasta transformarse en manchas de forma irregular con bordes cafés oscuros. Los conidios se forman en una capa húmeda y

delgada sobre la superficie de los estromas fértiles, con una sola septa, de forma variable, usualmente tienen un gancho y miden de 16 – 20 um x 3.5 um. (ZILLINSKY, F. 2000)

Para el control de escaldadura, se recomiendan variedades tolerantes o resistentes. (MONAR, C. 2010)

#### **2.7.7.6.7. Virus amarillo del enanismo de la Cebada (VBVD)**

Las plantas afectadas presentan hojas amarillentas, crecimiento de raíces reducido, retraso (o ausencia) de la formación de espigas y disminución del rendimiento. (PLANTPRO. 2010)

#### **2.7.7.7. Control de enfermedades**

INIAP - Guaranga 2010 es resistente a las principales enfermedades de cebada en el Ecuador, por lo cual no requiere la aplicación de fungicidas; sin embargo es recomendable desinfectar la semilla con carboxin en una dosis de 1g/kg de semilla para controlar enfermedades transmitidas a través de ella o prevenir infecciones en etapas iniciales del cultivo. (MONAR, C. et, al. 2010)

#### **2.7.7.8. Cosecha**

La cosecha debe ser realizada en época seca y cuando la humedad del grano se encuentre cerca al 16%. Es recomendable secar el grano al 13% o menos antes de almacenarlo. (OSPINA, J. 2004)

#### **2.7.7.9. Usos**

De la molienda de los granos se puede obtener una harina utilizable, mezclada a la de trigo, en la panificación. Los copos de cebada pueden ser usados para enriquecer sopas, la leche y también el yogurt. Con la cebada tostada se obtiene un óptimo sustituto del café, adaptado también

para los niños, también se puede utilizar para alimentación animal como forraje para ganado vacuno, porcino, ovino, y en la industria sirve para preparación de malta y cebada germinada para industria cervecera. (INFOCEBADA. 2006)

## **2.8. NITRÓGENO**

El N es esencial para el crecimiento de la planta. Forma parte de cada célula viviente, éste promueve el rápido crecimiento e incrementa el tamaño de las hojas y el número de espiguillas por panoja, el nitrógeno afecta todos los parámetros que contribuyen al rendimiento. El N es necesario para la fotosíntesis de clorofila, y como parte de la molécula de la clorofila está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. La carencia de N y en consecuencia la carencia de clorofila no permite que la planta utilice la luz solar como fuente de energía. (WITT, C. 2 002)

### **2.8.1. Eficiencia de uso del nitrógeno en la cebada**

La baja eficiencia agronómica que presentan en algunos casos los principales cereales cultivados en nuestro país, no puede atribuirse completamente a pérdidas de nitrógeno. Si bien no hay muchos datos disponibles, las evaluaciones realizadas en la región pampeana indican que las pérdidas de N son bajas y del orden del 10 al 30 %. Es de pensar entonces, que existen limitaciones a la absorción de N, especialmente en el trigo donde se está lejos de alcanzar valores deseables para un alto retorno económico y una disminución del riesgo ambiental.

La eficiencia con la que los cultivos utilizan el fertilizante aplicado es de suma importancia económica, dado que está relacionada directamente con el beneficio de la fertilización.

La eficiencia puede ser expresada como las unidades de producto generado aplicado, o como la proporción del nutriente adicionado que absorbe el cultivo. La eficiencia fisiológica con la que las plantas utilizan el

N, depende de las características de la especie y la disponibilidad de N. Si bien es un valor que fluctúa en un amplio rango, para el maíz se puede asumir una media de 40 kg de grano por kg de N absorbido en toda la planta, mientras que para el trigo la eficiencia fisiológica media está alrededor de 30 kg de grano/kg de N. Los coeficientes de requerimientos de N que se utilizan en los modelos de balance son la inversa de esta eficiencia, lo que da para maíz unos 20 a 25 kg de N/TM de grano y para trigo unos 30 a 35 kg N/TM grano. (FERRARIS, G. 2007)

La eficiencia agronómica expresa los kg de grano producidos por kg de N aplicado como fertilizante. Este valor depende de la eficiencia fisiológica del híbrido o cultivar, de la proporción del N disponible que es absorbido por el cultivo y de las pérdidas que ocurran durante el ciclo. Por lo tanto la eficiencia agronómica varía entre un máximo igual a la eficiencia fisiológica y cero, a medida que la absorción de Nitrógeno se ve limitada por otro factor como la disponibilidad de agua o se incrementan las pérdidas. En el caso de la fertilización de cereales con nitrógeno, la eficiencia de utilización del N ha sido estimada en el orden del 33 % a nivel mundial.

Esta estimación se realizó teniendo en cuenta la producción mundial de cereales, la concentración de Nitrógeno en los granos, el consumo de fertilizantes y suponiendo que el suelo y la atmósfera aportan un 50 % del Nitrógeno total removido.

En términos generales, se estima que entre el 50 y el 80 % de Nitrógeno aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50 % del Nitrógeno se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental. Las pérdidas de N se producen por diferentes vías de distinta magnitud e importancia. (QUINTERO, C. 2000)

### **2.8.2. El nitrógeno y la eficiencia de uso del agua**

En toda ocasión en la que se encuentra respuesta en rendimiento a la aplicación de un nutriente de contenido bajo en el suelo, también se incrementa la eficiencia del uso de agua por el cultivo.

El N incrementa el rendimiento de los cultivos por cada mm de agua disponible, en condiciones de baja o alta disponibilidad de agua. El aplicar cantidades óptimas de Nitrógeno y de otros nutrientes, no cantidades excesivas o cantidades muy bajas para satisfacer las necesidades de los cultivos, permite mejorar la eficiencia del uso de nutrientes, mientras que al mismo tiempo se minimiza los potenciales efectos negativos sobre el ambiente. (INPOFOS. 1997. INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO)

### **2.8.3. Importancia del nitrógeno para las plantas**

El Nitrógeno (N), es uno de los mayores factores, junto con el agua, que gobiernan la productividad del cultivo, debido a que actúa en forma específica en procesos metabólicos en las plantas, y en forma estructural.

En las plantas existen formas nitrogenadas además de los aminoácidos y proteínas en las que se incluyen: vitaminas, hormonas, pigmentos, purinas y pirimidinas. Es además componente esencial de la clorofila. (KASS, D. 1998)

### **2.8.4. Fijación del nitrógeno**

Tres procesos desempeñan un papel importante en la fijación del nitrógeno en la biosfera. Uno de estos es el relámpago. La energía contenida en un relámpago rompe las moléculas de nitrógeno y permite que se combine con el oxígeno del aire. (INPOFOS. 1997)

Mediante un proceso industrial se fija el nitrógeno, en este proceso el hidrógeno y el nitrógeno reaccionan para formar amoníaco,  $\text{NH}_3$ . Dicho

proceso es utilizado por ejemplo para la fabricación de fertilizantes. (INPNI. 2009. INTERNACIONAL PLANT NUTRITION)

Las bacterias nitrificantes son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico que utilizan las plantas para llevar a cabo sus funciones.

También algunas algas verde-azules son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. (INPOFOS. 1997)

### **2.8.5. Ciclo del nitrógeno**

El ciclo de nitrógeno es un conjunto de procesos biogeoquímicos por los cuales el nitrógeno pasa por reacciones químicas, cambia de forma y se mueve por diferentes embalses en la tierra, incluyendo en organismos vivientes

Los organismos emplean el nitrógeno en la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN) y otras moléculas fundamentales del metabolismo. Su reserva fundamental es la atmósfera, en donde se encuentra en forma de  $N_2$ , pero esta molécula no puede ser utilizada directamente por la mayoría de los seres vivos (exceptuando algunas bacterias). Esas bacterias y algas cianofíceas que pueden usar el  $N_2$  del aire juegan un papel muy importante en el ciclo de este elemento al hacer la fijación del nitrógeno.

De esta forma convierten el Nitrógeno atmosférico en otras formas químicas (nitratos y amonio) asimilables por las plantas. ([http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_del\\_nitr%C3%B3geno](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_nitr%C3%B3geno))

El amonio ( $NH_4^+$ ) y el nitrato ( $NO_3^-$ ) lo pueden tomar las plantas por las raíces y usarlo en su metabolismo. Usan esos átomos de N para la síntesis de las proteínas y ácidos nucleicos. Los animales obtienen su nitrógeno al comer a las plantas o a otros animales. En el metabolismo de

los compuestos nitrogenados en los animales acaba formándose ión amonio que es muy tóxico y debe ser eliminado.

Esta eliminación se hace en forma de amoniaco (algunos peces y organismos acuáticos), o en forma de urea (el hombre y otros mamíferos) o en forma de ácido úrico (aves y otros animales de zonas secas). Estos compuestos van a la tierra o al agua de donde pueden tomarlos de nuevo las plantas o ser usados por algunas bacterias. (RAMÍREZ, M. 2004)

Los procesos principales que componen el ciclo del nitrógeno que pasa por la biósfera, la atmósfera y la geoesfera son cinco: la fijación del nitrógeno, la toma de nitrógeno (crecimiento de organismos), la mineralización del nitrógeno (desintegración), la nitrificación y la denitrificación.

Los microorganismos, particularmente las bacterias, juegan un importante papel en todas las principales transformaciones del N. Como procesos de mediación microbiales, estas transformaciones de nitrógeno ocurren generalmente más rápido que los procesos geológicos, tales como los movimientos de placas que es un proceso puramente físico que hace parte del ciclo carbónico.

En el caso de los procesos de mediación microbianas, la velocidad se ve afectada por factores ambientales como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de recursos que influyen la actividad microbiana. (RODRÍGUEZ, F. 1992)

Los cinco procesos en el ciclo de nitrógeno son: fijación, asimilación, mineralización, nitrificación y denitrificación

Los humanos influyen el sistema global de nitrógeno principalmente por medio de la utilización de fertilizantes basados en N. (IPNI, 2009)



## **2.8.6. Fases del ciclo del nitrógeno**

### **2.8.6.1. Fijación biológica**

La fijación biológica puede ser simbiótica o no simbiótica. La fijación simbiótica de N se refiere al trabajo de las bacterias que fijan nitrógeno mientras crecen en asociación con la planta huésped.

Esta asociación beneficia tanto a los microorganismos como a la planta huésped. (SUQUILANDA, M. 2006)

### **2.8.6.2. Mineralización e inmovilización del N**

El suelo contiene una porción relativamente alta de N orgánico (no disponible) y una pequeña proporción de N inorgánico (disponible).

El N orgánico puede representar del 97 al 98% del total de N en el suelo. El N inorgánico generalmente representa solo del 2% al 3%. Por lo tanto, el proceso que convierte las formas orgánicas de N no disponibles a formas disponibles. Este proceso se denomina mineralización y ocurre a medida que los microorganismos del suelo descomponen la materia orgánica para obtener energía.

Los microorganismos usan parte de la energía liberada y parte de los nutrientes esenciales contenidos en la materia orgánica. Cuando los organismos han usado todos los nutrientes que necesitan, el exceso (como el N) es liberado al suelo en forma inorgánica para ser utilizado por las plantas.

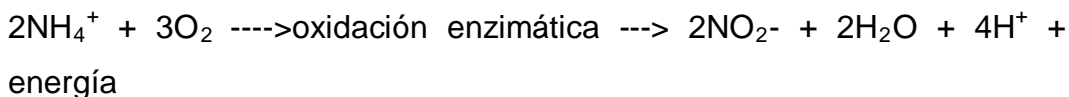
El N también puede pasar de una forma inorgánica a una forma orgánica, este proceso se llama inmovilización y es el reverso de la mineralización, esta ocurre cuando se incorporan al suelo residuos de cultivos con contenido alto de Carbono y bajo de Nitrógeno. (INPNI, 2009)

### 2.8.6.3. Nitrificación

Es la transformación del amoníaco a nitrito, y luego a nitrato. Esto ocurre por la intervención de bacterias del género nitrosomonas, que oxidan el  $\text{NH}_3$  a  $\text{NO}_2^-$ . Los nitritos son oxidados a nitratos  $\text{NO}_3^-$  mediante bacterias del género nitrobacter

En este proceso, el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) se transforma primero en nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), y éste en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) mediante la acción de las bacterias aerobias del suelo. El proceso se lleva a cabo en dos etapas coordinadas, controlada cada una por diferentes grupos de bacterias. Globalmente se las llama nitrobacterias. Al grupo responsable de la conversión de compuestos amoniacales en nitritos se les llama Nitrosomonas.

El grupo encargado de la oxidación de los nitritos a nitratos recibe el nombre de Nitrobacter. El esquema de las transformaciones es el que sigue:



Debido a que normalmente el nitrito se transforma en nitrato con mayor rapidez que se produce, los niveles de nitrito en los suelos suelen ser muy bajos en comparación con los de nitrato. (RAMÍREZ, M. 2004)

Bajo condiciones adecuadas, la nitrificación puede transformar del orden de 10 – 70 kilogramos de nitrógeno por hectárea por día. Esto implica que un abonado en forma amónica puede transformarse casi totalmente en nitrato en unos pocos días si la humedad y temperatura del suelo son favorables. En ocasiones, debido a que la nitrificación es más rápida que la mineralización, se emplea el término mineralización para indicar el

proceso global de conversión del Nitrógeno orgánico en Nitrógeno mineral (fundamentalmente nitrato y amonio). (BIOAGRO. 2010)

#### **2.8.6.4. Denitrificación**

En este proceso los nitratos son reducidos a nitrógeno, el cual se incorpora nuevamente a la atmósfera, este proceso se produce por la acción catabólica de los organismos, estos viven en ambientes con escasez de oxígeno como sedimentos, suelos profundos, etc. Las bacterias utilizan los nitratos para sustituir al oxígeno como aceptor final de los electrones que se desprenden durante la respiración. De esta manera el ciclo se cierra. (RAMÍREZ, M. 2004)

La denitrificación es la conversión del nitrato en nitrógeno gaseoso o en óxidos de nitrógeno gaseosos, los que pasan a la atmósfera. Este fenómeno se debe a que, en condiciones de excesiva humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno en su respiración. Un suelo con contenido en materia orgánica inferior al 2% con buen drenaje, tiene en promedio una pérdida de nitrógeno por denitrificación equivalente a un 2 a 4%. En suelos con mal drenaje, las pérdidas ascienden entre un 10 a 30%. En suelos con un 2 a 5% de materia orgánica, con buen drenaje, la pérdida de nitrógeno por denitrificación oscila entre un 5 a 10% y en un suelo con mal drenaje, el porcentaje asciende entre un 20 a 50%. (QUINTERO, C. 2000)

### **2.9. PÉRDIDAS DE NITRÓGENO**

#### **2.9.1. Volatilización de amoníaco**

La volatilización de N desde el suelo implica pasar del amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) a amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ) que a presión atmosférica es un gas. Las pérdidas por volatilización pueden ser particularmente importantes (10 a

40 % de N) cuando se agrega urea en la superficie sin incorporar y suelo sin humedad. (BIOAGRO. 2010)

El proceso es favorecido por altas temperaturas y pH y baja humedad. Desde hace no mucho tiempo se conoce que también las plantas liberan  $\text{NH}_3$  desde sus tejidos. Según algunas experiencias, de las pérdidas totales de N, 52 a 73 % se perdió por esta vía en maíz y de 21 a 41 % en trigo. (INPOFOS, 1997)

### **2.9.2. Desnitrificación**

La desnitrificación es la conversión del nitrato en nitrógeno gaseoso ( $\text{N}_2$ ) o en óxidos de nitrógeno, también gaseosos, que pasan a la atmósfera. Este fenómeno se debe a que, en condiciones de mucha humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno en su respiración. (MARTÍNEZ, R., *et.al.*, 2008)

El proceso de desnitrificación invierte parcialmente los efectos del proceso de nitrificación con respecto a la concentración de la alcalinidad. Por cada miligramo de nitrato reducido a gas nitrógeno, se crean cerca de 3.57 mg de alcalinidad, en forma de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

Las bacterias desnitrificadoras pertenecen a varios géneros tales como: **Pseudomonas**, **Bacillus**, **Spirillum**, **Hyphomicrobium**, **Agrobacterium**, **Acinetobacter**, **Propionobacterium**, **Rhizobium**, **Cornebacterium**, **Cytophata**, **Thiobacillus**, y **Alcaligenes**. No obstante, las más extendidas en el agua y en las aguas residuales son **Pseudomonas fluorescens**, **Pseudomonas aeruginosa**, **Pseudomonas denitrificans** y **Alcaligenes sp.**

Estos organismos están en cualquier cantidad y se encuentran fácilmente en los suelos y en los ambientes de los humedales naturales. (<http://www.selba.org/EspTaster/Ecologica/Agua/Desnitrificacion.html>)

### **2.9.3. Lixiviación**

La lixiviación o lavado de los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) que son arrastrados por el agua en el perfil a una profundidad en la cual no son alcanzados por las raíces. Representa un problema ambiental dado que produce la contaminación de las napas. Se da en suelos de buen drenaje o texturas gruesas, cuando se aplican altas dosis de nitrógeno. Puede alcanzar hasta 20 %. (GISPERT, C. 1998)

Las pérdidas de Nitrógeno por lixiviación en forma de ion nitrato se originan con los aportes de fertilizantes nítricos, amoniacales y con las aguas de riego con alto contenido de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Los iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), procedentes de los fertilizantes amoniacales, de los ureicos, de los de origen orgánico, de la mineralización de la materia orgánica y de la de la deposición atmosférica, por el proceso de la nitrificación se transforman en un corto período de tiempo en iones nitrato.

Este puede ser absorbido por el sistema radical, inmovilizado por los microorganismos y emitido a la atmósfera en forma de óxidos de nitrógeno y nitrógeno atmosférico ( $\text{N}_2$ ). Además, por su escasa capacidad de retención en las posiciones de intercambio iónico del suelo, es susceptible de ser arrastrado fácilmente fuera del alcance del sistema radical por lluvias intensas o riegos excesivos. (MANUAL TÉCNICO EN AGRICULTURA, 2002)

### **2.9.4. Escurrimiento superficial**

Las pérdidas por escurrimiento superficial son inferiores a 15 % y se presentan cuando el fertilizante se aplica en la superficie, sin

incorporación, en suelos con pendiente. Las pérdidas son menores en siembra directa.

Las plantas absorben la mayoría de N en forma de iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), algo de urea se absorbe directamente por las hojas y pequeñas cantidades de N se obtienen de aminoácidos solubles en agua. (WITT, C. 2 002)

### **2.9.5. Ventajas y desventajas del N en las plantas**

El nitrógeno es uno de los nutrientes más importantes para las plantas, pero a la vez uno de los más limitantes en los suelos de Latinoamérica. Por lo tanto presenta las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas.

- Es fundamental para formar los órganos vegetativos y de reproducción de las plantas.
- Fomenta el crecimiento rápido en las plantas.
- Aumenta el contenido de proteínas en los granos.

Desventajas.

Cuando el suelo tiene un contenido bajo de N la planta puede presentar los siguientes síntomas:

- Pérdida uniforme del color verde del follaje.
- Las hojas nuevas alcanzan tamaño pequeño y color amarillento.
- Crecimiento lento y raquítico.
- Cuando la deficiencia es grave, disminuye considerablemente la floración, y por tanto, la cosecha.

En los cereales principalmente presenta un deficiente desarrollo aéreo de la planta; los tallos pueden presentar una coloración rojiza o púrpura. (INFOJARDIN. 2002)

### 2.9.6. Fuentes de N

El nitrógeno no se encuentra en la fracción mineral del suelo. De tal manera; que el nitrógeno existente en el suelo proviene de diferentes fuentes como:

**Tabla 1. Fuentes de Nitrógeno con sus respectivos contenidos de N**

Fuente de Nitrógeno	Fórmula química	N%
Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21
Amoniaco anhidro	$\text{NH}_3$	82
Nitrato de amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	34
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46
Solución de nitrato de amonio- urea (NAU)	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	28 – 32
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15.5
Nitrato de sodio	$\text{NaNO}_3$	16
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_3$	13
Fosfato monoamónico (MAP)	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	10
Fosfato diamónico	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	18

Fosfato nítrico	$H_3PO_4 + Ca(NO_3)_2$	20
Nitrato cálcico – amónico	$Ca(NO_3)_2 + NH_4NO_3$	26

Fuente: (INPOFOS. 1997).

### 2.9.6.1. Fuentes químicas

La producción agrícola depende en gran medida de que los suelos sean capaces de desarrollar cultivos con un buen rendimiento y esa capacidad es establecida por su fertilidad. El contenido de nutrientes de origen natural en los suelos, generalmente no es suficiente para lograr una adecuada fertilidad, por esa razón se emplean los fertilizantes naturales orgánicos y químicos. (FUENTES PRINCIPALES DE NITRÓGENO. 2003)

### 2.9.6.2. Fuentes orgánicas

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos.

No podemos olvidarnos la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental. Con estos abonos, aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales aportaremos posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos.

Manejo de rastrojo y la labranza: La incorporación de la paja al suelo retorna la mayoría de los nutrientes absorbidos por el cultivo, y ayuda a conservar las reservas de nutrientes en el suelo a corto y largo plazo. De



igual manera, incrementa las reservas de Nitrógeno, Fosforo y Azufre. La incorporación de rastrojo y la labranza en el suelo incrementa la disponibilidad del N hasta la fase de crecimiento vegetativo (FAIRHURST, T. 2002).

- Gallinaza: Es de uso frecuente en la agricultura, debe comportarse para que los microorganismos descompongan la materia orgánica y ponga a disposición los nutrientes para las plantas. (LANGDALE Y SHRADER. 1982), citado por (LÓPEZ, C.1991)
- Ecoabonaza: Se deriva de la pollinaza de la granja de engorde de PRONACA, la cual es compactada, clasificada y procesada para potenciar sus cualidades. Por su alto contenido de materia orgánica, mejora la calidad de los suelos y provee los elementos básicos para el desarrollo apropiado a los cultivos a mediano y largo plazo. (MANUAL AGROPECUARIO. 2004)

## **2.10. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO**

### **2.10.1. Textura**

Es la proporción en que se encuentra los diferentes separados (arena, limo, arcilla), que conforman el suelo. De acuerdo con el separado que predomine en el suelo, éste recibe su nombre, dando origen a los siguientes tipos de suelo:

- Suelos arenosos o livianos: Son suelos sueltos con mucha aireación, baja retención de agua, muy permeable, poco fértil, especialmente se encuentran en zonas de alta pluviosidad.
- Suelos arcillosos o pesados: Son suelos con buenas propiedades químicas, pero de propiedades físicas de difícil manejo, poco permeables; se erosionan con facilidad debido a que el agua no penetra, sino que corre superficialmente y arrastra nutrientes.

- Suelos limosos: Las propiedades físicas y químicas de estos suelos hacen que se encharquen fácilmente, ocasionando algunos problemas a las plantas por deficiencia de oxígeno.
- Suelos francos: Estos suelos son ideales porque tienen proporción adecuada entre sus componentes (arena, limo, arcilla). Presentan proporciones físicas y químicas adecuadas para el desarrollo de las plantas. (TORRES, C. 2002)

### **2.10.2. Densidad Aparente**

La densidad aparente del suelo es un buen indicador de importantes características del suelo, tales como porosidad, grado de aireación y capacidad de drenaje.

En un tipo de suelo los valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados y con buen drenaje. Por otro lado, si los valores son altos, quiere decir que el suelo es compacto o poco poroso, que tiene poca porosidad en su composición, que la infiltración del agua es lenta, lo cual puede provocar anegamientos. (JACKSON, M. 1982)

La densidad aparente de un suelo se suele utilizar como medida de la estructura del suelo. Una densidad baja, generalmente, equivale a más porosidad y mayores agregados del suelo. Un suelo de bosque saludable tendrá una densidad baja, lo que corresponde a mayor estabilidad, menos compactación y, probablemente, mayor contenido de humedad que un suelo con una densidad mayor.

Un método sencillo de medir la densidad del suelo consiste en cavar un hoyo, y, conservando toda la tierra retirada del hoyo como muestra, determinar el volumen de la muestra de suelo vertiendo un volumen de arena seca en el hoyo del cual se extrajo la muestra. Finalmente, sequen la muestra de suelo retirada para determinar el peso seco del suelo. (ROMERO, L. 1995)

### **2.10.3. Compactación del suelo**

La compactación del suelo corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Estas fuerzas externas, en la actividad agrícola, tienen su origen principalmente en:

- Implementos de labranza del suelo.
- Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.
- Pisoteo de animales.

En condiciones naturales (sin intervención antrópica) se pueden encontrar en el suelo, horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, es bajo condiciones de intensivo uso agrícola que este fenómeno se acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas. (BAVER. G. 1991)

#### **2.10.3.1. Efectos de la compactación del suelo**

La compactación del suelo produce un aumento en su densidad (densidad aparente), aumenta su resistencia mecánica, destruye y debilita su estructuración. Todo esto hace disminuir la porosidad total y la macro porosidad (porosidad de aireación) del suelo. Los efectos que la compactación produce, se traducen en un menor desarrollo del sistema radical de las plantas y, por lo tanto, un menor desarrollo de la planta en su conjunto, lo que redundará en una menor producción.

De los factores mencionados, son dos los que van a tener un efecto directo sobre el crecimiento de las raíces, estos son.

- Aumento de la resistencia mecánica del suelo.

- Disminución de la macro porosidad del suelo.

El aumento de la resistencia mecánica del suelo va a restringir el crecimiento de las raíces a espacios de menor resistencia, tales como los que se ubican entre las estructuras (terrones), en cavidades formadas por la fauna del suelo (lombrices) y en espacios que se producen por la descomposición de restos orgánicos gruesos (raíces muertas). Esta situación va a producir un patrón de crecimiento característico de raíces aplanadas, ubicadas en fisuras del suelo, con una escasa exploración del volumen total del suelo. (LUZURIAGA, C. 2001)

#### **2.10.4. Estructura del suelo y Agregados**

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados

Las partículas del suelo se clasifican como arena, limo y arcilla. Las partículas de arena tienen diámetros entre 2 y 0,05 mm, las de limo entre 0,05 y 0,002 mm, y las de arcilla son menores de 0,002 mm. En general, las partículas de arena pueden verse con facilidad y son rugosas al tacto. Las partículas de limo apenas se ven sin la ayuda de un microscopio y parecen harina cuando se tocan. Las partículas de arcilla son invisibles si no se utilizan instrumentos y forman una masa viscosa cuando se mojan. (BAVER, G. 1991)

### **2.11. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO**

#### **2.11.1. PH, acidez y alcalinidad**

Desde el punto de vista del cultivo de las plantas se define al pH como presencia o ausencia de iones hidrógeno en el suelo; es decir, es el resultado de la relación que existe entre las concentraciones de  $H^+$  y  $OH^-$  si predominan los protones estaremos hablando de un suelo ácido,

mientras que si son los grupos hidroxilo los que están predominado el suelo será alcalino. Por último, si tanto el grupo  $\text{OH}^-$  como el grupo  $\text{H}^+$  poseen las mismas concentraciones será un suelo neutro. (JACKSON, M. 1982)

### **2.11.2. Capacidad de Intercambio Catiónico**

Es una de las propiedades químicas más importantes del suelo porque está relacionada con la fertilidad y la acidez del suelo. El CIC es la capacidad que tiene un suelo con un pH determinado de intercambiar iones positivos, liberándolos y/o reteniéndolos en función de su composición. Es decir la estructura química de un suelo y los aportes de abonos o nutrientes es la causa de que ciertos iones de determinados elementos químicos puedan “pasar” de un elemento a otro.

Dado que los cationes son iones positivos y las arcillas son ricas en aniones, o iones negativos, el mayor intercambio por atracción electrostática se realiza en suelos arcillosos, permitiendo al suelo retener e intercambiar esos elementos, lo cual evita que se pierdan y así mantener la fertilidad.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se expresa en miliequivalentes por 100 g de suelo, y es una medida de la cantidad de cationes fácilmente intercambiables que neutralizan la carga negativa existente en el suelo. (TORRES, C. 2002)

### **2.11.3. Materia orgánica**

La materia orgánica forma parte del ciclo del nitrógeno, del azufre y del fósforo, contribuye a la asimilación de nutrientes, mejora la estructura y la retención de agua del suelo y da soporte a todo un mundo de microorganismos cuya actividad resulta beneficiosa para el cultivo. (AMORES, F. 1992)

La materia orgánica procede de los seres vivos (plantas o animales superiores o inferiores) y su complejidad es tan extensa como la composición de los mismos seres vivos. La descomposición en mayor o menor grado de estos seres vivos, provocada por la acción de los microorganismos o por factores abióticos da lugar a un abanico muy amplio de sustancias en diferentes estados que son los constituyentes principales de la materia orgánica. (TORRES, C. 2002)

#### **2.11.3.1. Influencia en las propiedades físicas**

El humus tiende a dar a los horizontes superficiales colores castaño oscuro a negro. Favorece la granulación y la estabilidad estructural, especialmente por la producción de sustancias no húmicas durante la descomposición.

Las fracciones húmicas ayudan a disminuir la plasticidad, cohesión y adhesividad de los suelos arcillosos, tornándolos más fáciles de manejar. También mejora la retención de agua, ya que la materia orgánica mejora tanto la velocidad de infiltración como la capacidad de almacenaje de agua. (CORBELLA, R. 2008)

#### **2.11.3.2. Acción directa de la materia orgánica sobre el crecimiento vegetal**

Está bien probado que ciertos compuestos orgánicos son absorbidos por las plantas superiores. Las plantas pueden absorber una parte muy pequeña de sus requerimientos de nitrógeno y fósforo como compuestos orgánicos solubles. Cuando la materia orgánica se transforma, se forman varios compuestos promotores del crecimiento, como vitaminas, aminoácidos, auxinas y giberelinas. Estas sustancias pueden estimular, a veces, el crecimiento, tanto en las plantas como en los microorganismos.

Es conocido que pequeñas cantidades de ácidos fúlvico y/o húmico en la solución del suelo pueden favorecer ciertos aspectos del crecimiento

vegetal. Probablemente, componentes de estas sustancias húmicas actúan como reguladores de funciones específicas del crecimiento vegetal., tales como la elongación celular y la iniciación de raíces laterales. (VALVERDE, F. 2002)

### **2.11.3.3. Influencia en las propiedades químicas**

Debido a que el humus tiene una capacidad de intercambio de cationes (CIC) de 2 a 30 veces mayor (por kg) que la de varios tipos de minerales de arcilla, generalmente es responsable de 50 a 90 % del poder de adsorción de cationes de los suelos minerales superficiales. Igual que las arcillas, los coloides húmicos retienen cationes nutrientes (potasio, calcio, magnesio, etc.) en formas fácilmente intercambiables, a partir de las que las plantas pueden usarlos pero que no pueden ser fácilmente llevados fuera del perfil por el agua que percola.

Por su capacidad de intercambio de cationes y sus grupos funcionales ácidos y básicos, la materia orgánica provee además gran parte de la capacidad de amortiguación del pH de los suelos.

Además en los constituyentes de la materia orgánica del suelo hay almacenados nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes, que son liberados lentamente por mineralización. (CORBELLA, R. 2008)

### **2.11.3.4. Efectos biológicos**

La materia orgánica influye grandemente en la biología del suelo, debido a que provee la mayor parte del alimento para la comunidad de organismos heterótrofos del suelo. La calidad de los desechos de las plantas y la materia orgánica del suelo afecta mucho las velocidades de descomposición y por lo tanto, la cantidad de materia orgánica que se acumula en el suelo. (SUQUILANDA, M. 2006)

#### **2.11.4. Conductibilidad Eléctrica**

La conductividad eléctrica (CE) de una disolución puede definirse como la aptitud de ésta para transmitir la corriente eléctrica, y dependerá, además del voltaje aplicado, del tipo, número, carga y movilidad de los iones presentes y de la viscosidad del medio en el que éstos han de moverse. (JACKSON, M. 1982)

### **2.12. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO.**

#### **2.12.1. Introducción**

El suelo es una mezcla de materias orgánicas e inorgánicas conteniendo una gran variedad de macroorganismos (por ejemplo lombrices, hormigas, tijerillas, etc.) y microorganismos (como bacterias, algas, hongos). El suelo provee ancla y soporte para las plantas, las cuales extraen agua y nutrientes. Estos nutrientes están devueltos al suelo por la acción de los organismos del suelo sobre las plantas muertas o en vía de morir y la materia de origen animal. (MARTÍN, A. *et, al.*1990)

La fertilidad es la función principal de la eficiencia en este ciclo de reciclaje continuo. La proporción de nutrimentos no disponibles, sea en la biomasa o en el suelo, en un momento dado, es función del clima. Los organismos del suelo son inactivos a bajas temperaturas. La actividad aumenta conforme aumenta la temperatura (pero cesa de nuevo cuando hace mucho calor)

La diferencia de ritmo de reciclaje de nutrientes es responsable del incremento en el ritmo de crecimiento y del aumento de la diversidad de las especies cuando pasamos de un área templada a una región tropical. (TORRES, C. 2002)

#### **2.12.2. Macroorganismos**



Forman parte del ecosistema del suelo, de las raíces de vegetales y pueden ser:

- Mamíferos: (Ratones, topos), crean galerías que permiten la penetración del agua y aire en el suelo.
- Artrópodos: (Crustáceos, arácnidos, etc.) trocean la materia orgánica y producen con sus excrementos un soporte adecuado a la vida microbiana.
- Lombrices: Escavan galerías en todos los sentidos aireando el suelo. Al mezclar la tierra y la materia orgánica en su intestino mejoran la fertilidad de los suelos.
- Moluscos: (Babosas y caracoles) comen la materia orgánica. (SUQUILANDA, M. 2006)

### **2.12.3. Microorganismos**

Los microorganismos son el conjunto de seres vivos que se caracterizan por tener un tamaño pequeño de modo que la mayoría de ellos no son visibles a simple vista, teniendo una gran sencillez en su estructura y organización. Dentro de los cuales tenemos los grupos principales:

- Cianobacterias: Realizan la fotosíntesis oxigénica. Tienen nutrición autótrofa y muchas asimilan nitrógeno atmosférico, gracias a la enzima nitrogenasa. Por eso habitan cualquier ambiente siendo sus preferidos: manantiales, rocas mojadas, aguas dulces y el suelo.
- Bacterias fototróficas anoxigénicas: Realizan la fotosíntesis anoxigénica y la fijación del CO<sub>2</sub> es mediante el ciclo de Calvin.
- Algas: Nutrición autótrofa y que viven en medios acuáticos. Pertenecen al heterogéneo mundo de los microorganismos. Son

omnipresentes en todas las aguas, constituyendo más del 90% del fitoplancton, auténtico forraje de mar.

- Hongos: Se incluyen en el heterogéneo mundo de los microorganismos por su tamaño
- Mohos: Hongos que son heterótrofos en sus tres variantes: saprófitos, parásitos y simbioses. Como simbioses son notorios los que viven sobre las raíces de muchas plantas alimentándose de ella, y formando una asociación denominada micorriza. (MARTIN, A. et, al. 1990)

Los microorganismos presentan los siguientes beneficios:

- Reciclado de nutrientes: los microorganismos son responsables del reciclado de la materia orgánica en descomposición, volviendo a originar materia inorgánica asimilable por las plantas. En ésta acción se basa la utilización del estiércol.
- Fijación del nitrógeno atmosférico: en la producción de soja, alfalfa, judías, guisantes, lentejas, garbanzos cuya simbiosis con la bacteria *Rhizobium* ya ha sido expuesta.
- En el aparato digestivo de rumiantes (rumen) existen en simbiosis bacterias que permiten digerir la celulosa.

Eliminación de varios contaminantes mediante el empleo de microorganismos de Biodegradación de plaguicidas: incluimos herbicidas, insecticidas y fungicidas utilizados en agricultura. (CORBELLA, R. 2008)

## **2.13. ESTRUCTURA DEL SUELO Y AGREGADOS**

### **2.13.1. Clases y tipos de estructura del suelo**

Por definición, la clase de estructura describe el tamaño medio de los agregados individuales. En relación con el tipo de estructura de suelo de

donde proceden los agregados, se pueden reconocer, en general cinco clases distintas que son las siguientes:

- Muy fina o muy delgada
- Fina o delgada
- Mediana
- Gruesa o espesa
- Muy gruesa o muy espesa

Por definición, el tipo de estructura describe la forma o configuración de los agregados individuales. La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. (BAVER, G. 1991)

## **2.14. RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO (C/N)**

La relación carbono-nitrógeno determina el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo, así como el tipo de humus que se encuentra en él.

Cuanto menor sea el valor de la relación mayor será el grado de mineralización de la materia orgánica y por tanto la calidad edáfica será superior.

### **2.14.1. Relación C/N en un suelo**

De los muchos elementos requeridos para la descomposición microbiana de la materia orgánica, el carbono y el nitrógeno son los mayoritarios.

La relación C/N es un parámetro que evalúa la calidad de los restos orgánicos de los suelos, es decir, determina el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo, así como el tipo de humus que se encuentra en él.

Cuanto menor sea el valor de esta relación, mayor será el grado de mineralización de la materia orgánica y, por tanto, la calidad edáfica será superior. (MANUAL DE LOMBRICULTURA, 2002)

Los procesos de fermentación de materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos generados en cualquier población cumplen con el doble objetivo de tratar convenientemente los citados residuos, así como revalorizarlos obteniendo un producto final útil para la agricultura.

Este producto, el compost, debe cumplir una serie de propiedades que garanticen su calidad, entre ellas, temperatura, granulometría, cantidad de elementos extraños, etc.

Pero es la relación carbono-nitrógeno del compost una de las más importantes, ya que tanto el carbono como el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo, en esta caso las especies vegetales, por lo que para una correcta fermentación deben encontrarse en las proporciones idóneas. (SUQUILANDA, M. 2006)

Esta relación indica la fracción de carbono orgánico frente a la de nitrógeno. Prácticamente la totalidad del nitrógeno orgánico presente en un residuo orgánico es biodegradable y, por tanto disponible.

Con el carbono orgánico ocurre lo contrario ya que una gran parte se engloba en compuestos no biodegradables que impiden su disponibilidad en la agricultura. (IPNI, 2009)

Un proceso de fermentación de materia orgánica procedente de residuos sólidos urbanos realizado correctamente tiene un índice C/N en la masa fermentable entre 25 y 35. Para valores menores, deben agregarse materiales ricos en carbono (paja, virutas de madera, etc.), y en el caso contrario, materiales ricos en nitrógeno (estiércoles, lodos de depuradora, etc.

Si el material final obtenido, tras la fermentación, tiene un valor C/N alto, indica que no ha sufrido una descomposición completa y, si el índice es muy bajo, puede ser por una excesiva mineralización, aunque todo ello depende de las características del material de partida del suelo. (MANUAL DE LOMBRICULTURA, 2002)

**Tabla 2. Relación carbono – nitrógeno (C/N) de varios materiales orgánicos**

<b>Material</b>	<b>Relación C/N</b>
Suelo superficial sin alterar	<b>10:1</b>
Alfalfa	<b>13:1</b>
Estiércol vacuno descompuesto	<b>20:1</b>
Residuos de maíz	<b>60:1</b>
Paja de cereales de granos pequeños	<b>80:1</b>
Carbón mineral	<b>124:1</b>
Madera de roble	<b>200:1</b>
Árbol de pino	<b>1000:1</b>

Fuente: (INPOFOS. 1997).

## **2.15. MANUAL DEL ÍNDICE DE NITRÓGENO**

El Índice de N ver. 4.4 está escrito en lenguaje de programación Java e incluye el índice de N de California, México y el Caribe. Estos índices fueron desarrollados originalmente como programas de software independientes que trabajan dentro de Microsoft Excel® 2003. Los tres índices se encuentran disponibles en el Índice de N 4.4 tanto en inglés

como en español. Esta versión también incluye dos opciones para el sistema de unidades de medición: Inglés y métrico. Además, se ha desarrollado el Índice de N y el Índice de Sustentabilidad para Bolivia y Ecuador.

Esta herramienta está diseñada para ayudar a los tomadores de decisión de la fertilización, a evaluar rápidamente el riesgo de pérdidas de nitrógeno relacionadas con el manejo de los cultivos forrajeros.

Para una descripción detallada de las ventajas y desventajas de los índices anteriores, revisar Shaffer y Delgado (2002). En este manual se utilizará un escenario de ejemplo para demostrar cómo utilizar el Índice de N. Actualmente se encuentra en desarrollo una versión más avanzada del Índice de N que integra los Índices de N y P con bases de datos de sistemas de información geográfica (SIG).

El presente Índice de N estima un balance anual de las entradas y salidas de N en el suelo, así como el N residual que queda en el suelo y que es potencialmente disponible a los cultivos subsecuentes. Las pantallas que se presentarán a lo largo de este Manual corresponden al archivo Ejem\_MX\_01.nin, localizado en:

c:\ archivos de programa (x86) \ usda-ars-spnr\nitrogenindex \ example files & manual \ examples\_metricunits \ examples\_mexico \ [en equipos de 64 bits, se localiza en C:\ Archivos de programa (x86)]

Para familiarizarse con el Índice de N se recomienda iniciar un archivo nuevo con la opción N-Índice en la pantalla inicial (Controlador) y capturar los datos del ejemplo conforme se avanza en las ventanas del programa.



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### 3.1.1. Ubicación del ensayo

Provincia:	Bolívar
Cantón:	Guaranda
Parroquia:	Veintimilla
Sitio:	Granja Laguacoto III

##### 3.1.2. Situación geográfica y climática

Altitud	2.622 msnm
Latitud	01° 36'52'' S
Longitud	78° 59'54'' W
Temperatura máxima	21°C
Temperatura mínima	7°C
Temperatura media	14.4°C
Precipitación media	980 mm
Heliofania promedio anual	900/h/l/año
Humedad Relativa promedio anual	70%
Velocidad promedio del viento	6 m/s

Fuente Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar (Monar, C. 2009).

### **3.1.3. Características físicas-químicas del suelo**

#### **Muestra de suelo = 0 a 30 cm de profundidad (ANEXO N°2)**

Tipo de Suelo: Andisol

Textura: Franco Arcillosa

pH: 6.4

Fuente Estación Experimental INIAP "Santa Catalina" Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas. 2011.

### **3.1.4. Zona de vida**

La localidad en estudio de acuerdo a la zona de vida de Holdrige, L. citada por Cañadas (1999), la localidad se encuentra en el Bosque Seco Montano Bajo (bs- MB).

### **3.1.5. Material Experimental**

Se utilizó semilla certificada de cebada cultivar INIAP- Guaranga 2010 desinfectada, y como fuente de Nitrógeno la urea al 46%.

### **3.1.6. Materiales de campo**

Lote de terreno de 713 m<sup>2</sup>, cámara fotográfica, libreta de campo, pala, barra y/o barreno, azadones, hoz, balde, fundas plásticas, GPS, flexómetro, piola, estacas, bomba de mochila, sacos y/o envases, herbicida (Metsulfuron Metil 60%), fungicida: carboxin, Insecticida ( Clorpirifos), trilladora experimental.

### **3.1.7. Materiales de oficina**

Laptop, internet, impresora, papel boom, tinta de impresión, copias xeroxs, transporte, bibliografía, lápices, libro de campo, flash memory,



cd's, software MSTATC, software INFOSTAT, software Índice de Nitrógeno versión 4.4 Ecuador.

### 3.2. MÉTODOS.

3.2.1. **Factor en estudio:** Niveles de Nitrógeno en kg/ha.

3.2.2. **Tratamientos.** Según el siguiente detalle:

Tratamiento N°	Nivel de N kg/ha
T1	0
T2	40
T3	80
T4	120
T5	160

### 3.2.3. Procedimiento

Tipo de diseño:	Bloques Completos al Azar (DBCA).
Número de repeticiones:	3
Número de tratamientos:	5
Número de unidades experimentales:	15
Superficie total de la unidad experimental:	25 m <sup>2</sup> (5 m x 5 m)
Superficie de la unidad experimental neta:	16 m <sup>2</sup> (4 m x 4 m)
Área total del ensayo:	375 m <sup>2</sup> (25 m <sup>2</sup> x15 u.exp)
Área neta total del ensayo:	240 m <sup>2</sup> (16 m <sup>2</sup> x15 u.exp)
Área total del ensayo con caminos:	713 m <sup>2</sup> (31 m x 23 m)

### 3.2.4. Tipos de Análisis Estadísticos

Análisis de varianza (ADEVA) según el siguiente detalle:

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CME*
<b>Total</b>	<b>14</b>	
Bloques ( r-1)	2	$t^2e+5bt^2$ bloques
Niveles de N (t-1)	4	$t^2e+3\theta^2t$
Error Exp. (t-1) ( r-1)	8	$t^2e$

\*CME: Cuadrados Medios Esperados. Modelo fijo. Tratamientos seleccionados por el investigador.

- Prueba de Tukey al 5% para comparar promedios de niveles de nitrógeno.
- Análisis de correlación y regresión lineal.
- Análisis de la eficiencia agronómica y química del N.
- Análisis económico de Presupuesto Parcial y Tasa Marginal de Retorno (TMR %).

### 3.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y DATOS TOMADOS

#### 3.3.1. Análisis de física y química de Suelos antes y después del ensayo

Un mes antes de instalar el ensayo, se tomaron muestras de suelos de 0 - 30 cm y 30 – 60 cm de profundidad, los mismos que fueron enviados al Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP. Santa Catalina, para determinar la textura y química del suelo.

Después de cosechado el ensayo, se recolectaron 5 muestras de suelo de 0- 30 cm y 5 muestras de 30 – 60 cm de profundidad para determinar la textura física y química completa del suelo en el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP Santa Catalina.

Estos análisis químicos antes y después del ensayo, sirvieron para determinar la eficiencia agronómica, química e índice de N versión Ecuador 4.4.

### **3.3.2. Toma de muestras de restos vegetales y grano**

Se procedió a tomar una submuestra de cada repetición con la ayuda de un cuadrante de 0.25 m antes de la cosecha, se colocó en sacos de lona y se llevó a la bodega del Proyecto de Semillas donde se realizó la separación de restos vegetales y grano, luego se pico los restos vegetales y se tomó su peso total con una balanza analítica. Finalmente se empaco los residuos vegetales en fundas de papel cuyo peso fue de 500 g y del grano de 200 g, mismos que fueron enviados a la Estación Experimental Santa Catalina, Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas.

### **3.3.3. Materia Seca**

Se tomaron muestras de plantas de 0,75 m<sup>2</sup> al azar de cada parcela neta al inicio de la senescencia, se pesaron las muestras en fresco para luego introducir las en la estufa a 65°C hasta obtener un peso constante y obtener la muestra seca. Esta variable se expresó en porcentaje. Se utilizó la siguiente ecuación (INIAP/PNRT- papa, 2008).

$$\% \text{ Materia seca} = (\text{Peso seco/Peso fresco}) \times 100$$

Con estos datos se calculó la producción de materia seca de la planta en Kg/ha.

### **3.3.4. Determinación de nitrógeno en tejido vegetal (Tallos y hojas), y en el grano**

Con el material que se utilizó para materia seca, se determinó el contenido de nitrógeno; mediante la metodología de micro Kjeldahl, establecida en el Laboratorio de Análisis de Plantas del INIAP (Alvarado. *et, al.* 2000). Con los resultados obtenidos de concentración de nutrientes y rendimiento de materia seca de la planta; se calculó la extracción de nitrógeno los cuales se expresaron en Kg/ha.

#### **3.3.4.1. Determinación de Biomasa total en Kg/ha (B.T.)**

Con los datos que se obtuvieron del peso de una muestra, representada en una área de 0.75 m<sup>2</sup> en el momento de la cosecha, se procedió a calcular mediante la siguiente regla de tres simple.

$$\begin{array}{r} \text{Peso muestra (Kg)} \text{ ----- } 0.75 \text{ m}^2 \\ X? \qquad \qquad \qquad 10000 \text{ m}^2 \end{array}$$

#### **3.3.4.2. Determinación de Biomasa Restos vegetales (B.R.V.)**

De la muestra que se obtuvo para biomasa total se procedió a pesar solo tejido vegetal. Con el dato obtenido se calculó mediante una regla de tres simple. De igual manera se hizo para grano.

$$\begin{array}{r} \text{Peso tejido vegetal (Kg)} \text{ ----- } 0.75 \text{ m}^2 \\ X? \qquad \qquad \qquad 10000 \text{ m}^2 \end{array}$$

#### **3.3.4.3. Extracción total de Nitrógeno (E.T.N.)**

Con los datos de la biomasa tanto de los restos vegetales como del grano y el reporte de análisis de Nitrógeno se procedió a calcular la extracción total de nitrógeno empleando la siguiente fórmula matemática.

$$E.T.N. = \text{Kg N/ha B.R.V} + \text{Kg N/ha B.G}$$

$$E.T.N. \text{ B.R.V.} = \text{Rend MS Kg/ha B.R.V} \times \%N \div 100 = \text{Kg N/ha B.R.V}$$

$$E.T.N. \text{ R.G.} = \text{Rend Kg/ha. B.G.} \times \%N \div 100 = \frac{\text{Kg N/ha B.G}}{\text{ETN Kg/ha.}}$$

Donde:

E.T.N. = Extracción Total de Nitrógeno.

Rend/ha = Rendimiento por hectárea.

B.R.V. = Biomasa Restos Vegetales.

B.G = Biomasa en el Grano.

%N = Porcentaje del nutriente (reporte del análisis foliar)

**FUENTE:** (Valverde, F.2012. Entrevista Personal)

#### **3.3.4.4. Eficiencia agronómica (E.A.)**

Con los datos de rendimiento de grano Kg/ha y las dosis aplicadas de N mediante la siguiente ecuación se calculó la eficiencia agronómica.

$$\text{Ef. Agro.} = \frac{\text{R.T (+N)} - \text{R.T (-N)}}{\text{Cantidad N Aplicado}}$$

Donde:

E.A. = Eficiencia Agronómica

R.T (+N) = Rendimiento con nitrógeno

R.T (-N) = Rendimiento sin nitrógeno (testigo)

### 3.3.4.5. Eficiencia química (E.Q.)

$$EfF = \frac{\text{Ext. T (+N)} - \text{Ext. T (-N)}}{\text{Kg E a}} \times 100$$

Donde:

EfF = Eficiencia del fertilizante.

Ext. T (+N) = Extracción total nitrógeno (+N) por el tratamiento

Ext. T (-N) = Extracción del nitrógeno (-N) testigo

Kg Ea = Cantidad de elemento aplicado al suelo.

### 3.3.5. Agronómicas

#### 3.3.5.1. Días a la emergencia de plántulas (DEP)

Esta variable se registró en días transcurridos desde la siembra y hasta cuando más del 50% de las plántulas emergieron en la parcela total.

#### 3.3.5.2. Número de plantas por metro cuadrado (PMC)

La población de PMC, se determinó mediante el conteo directo antes del período de macollamiento entre los 15 y 20 días después de la siembra en cuatro muestras al azar dentro de cada unidad experimental, con la ayuda de un cuadrante de 0,25 m<sup>2</sup>.

### **3.3.5.3. Número de macollos por planta. (NMP)**

Concluido el período de macollamiento, en la parcela neta, se tomaron al azar 20 plantas en las que se contaron de forma directa el número de macollos y se calculó un promedio por planta. Dependiendo de la variedad esta concluye el macollamiento entre los 35 a 45 días después de la siembra.

### **3.3.5.4. Días a la floración (DF)**

Esta variable, se registró en días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas de la parcela total estuvieron en floración y espigamiento.

### **3.3.5.5. Altura de plantas (AP)**

Cuando el cultivo estuvo en madurez fisiológica, se evaluaron 20 plantas seleccionadas al azar de cada parcela neta, con un flexómetro se midió la altura total de las plantas, desde la corona del tallo hasta la última espiguilla de la espiga y se expresó en cm.

### **3.3.5. 6. Número de espigas por metro cuadrado (EMC)**

En madurez fisiológica, se contaron el número de EMC en cuatro muestras al azar en cada parcela neta, con la ayuda de un cuadrante de 0,25 m<sup>2</sup>.

### **3.3.5.7. Número de granos por espiga (NGE)**

En la fase de madurez comercial, se contaron el número de granos por espiga en una muestra al azar de 20 espigas por parcela neta.

### 3.3.5.8. Longitud de espiga (LE)

En la etapa de madurez fisiológica, se midió la longitud de las espigas en cm, en una muestra al azar de 20 espigas por parcela. La espiga se midió con un flexómetro desde la base del raquis, hasta la espiguilla terminal de la espiga.

### 3.3.5.9. Acame del tallo (AT)

Cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez fisiológica, se tomaron cuatro muestras al azar en la parcela neta con la ayuda de un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup>, en donde se registró el número de plantas acamadas y se expresó en porcentaje.

### 3.3.5.10. Incidencia y severidad de enfermedades foliares

Se realizaron evaluaciones cuantitativas y cualitativas de la incidencia y severidad de royas (roya amarilla, *Puccinia striiformis*, roya del tallo, *Puccinia graminis*, roya de la hoja, *Puccinia recóndita*, Escaldadura *Rynchosporium secalis* y carbones, *Tilletia indica*) en las fases de la emisión de la espiga (antesis), y madurez fisiológica. Estas evaluaciones se realizaron en cada parcela neta. Las royas se evaluaron en cuanto a la severidad (% de infección en las plantas) y en la respuesta de campo (tipo de reacción a la enfermedad).

La severidad se evaluó basándose en la escala de COBB modificada:

REACCIÓN	SÍNTOMAS Y SIGNOS
5/0	Sin infección visible
10R	Resistente; clorosis o necrosis visible, no hay uredias presentes y si las hay son muy pequeñas.



20MR	Moderadamente resistente; uredias rodeadas ya sea por área clorótica o necróticas.
40MR	Intermedias. Uredias de tamaño variable, algunas clorosis, necrosis o ambas.
60MS	Moderadamente susceptible: Uredias de tamaño mediano y posiblemente rodeado por aéreas cloróticas.
100S	Susceptible: Uredias grandes y generalmente con poca ausencia de clorosis, no hay necrosis

Fuente: CIMMYT. 2007

A partir de la fase de embuchamiento hasta el estado masoso duro en la parcela total se realizaron evaluaciones cuantitativas de las enfermedades foliares causadas por: **VBVD** y ***Rhynchosporium secalis*** de acuerdo a la siguiente escala:

Escala de evaluación de enfermedades foliares a partir de la fase de embuchamiento hasta el estado masoso duro:

VALOR DE ESCALA	REACCIÓN
1 a 3	Resistencia (baja incidencia)
4 a 6	Medianamente resistente (media incidencia)
7 a 9	Susceptible (alta incidencia)

Fuente: CIMMYT, 2007.

### 3.3.5.11. Desgrane de espigas (DE)

En la etapa de madurez comercial, se evaluó el DE, en toda la parcela mediante la siguiente escala:

1. Resistente
2. Medianamente resistente

3. Susceptible. (MONAR C. 2005)

### 3.3.5.12. Días a la cosecha (DC)

Cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez comercial, se registraron los días transcurridos desde la siembra a la cosecha, es decir cuando el grano tuvo un 14% de humedad.

### 3.3.5.13. Rendimiento por parcela (RP)

Una vez trillado la cebada de cada parcela neta, se pesó en una balanza de reloj en Kg/ parcela.

### 3.3.5.14. Porcentaje de humedad del grano

Esta variable se evaluó con la ayuda de un determinador portátil de humedad en porcentaje después de la cosecha en dos muestras de cada unidad experimental.

### 3.3.5.15. Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH)

El rendimiento (Kg/Ha) al 14% de humedad, se cálculo, mediante la siguiente relación matemática:

$$R = \text{PCP Kg} \times \frac{10000\text{m}^2/\text{ha}}{\text{ANC m}^2/1} \times \frac{100-\text{HC}}{100-\text{HC}}; \text{ donde}$$

R = Rendimiento en Kg/ha al 14% de humedad.

PCP = Peso de Campo por Parcela en Kg.

ANC= Área Neta Cosechada en m<sup>2</sup>

HC = Porcentaje de Humedad de Cosecha (%)

HE = Porcentaje de Humedad Estándar (14%) (Monar, C. 2007).

#### **3.3.5.16. Peso de 1000 semillas en gramos (PS)**

Esta variable, se determinó en una muestra al azar de 1000 semillas de cada unidad experimental en una balanza de precisión con un contenido del 14% de humedad y se expresó en gramos.

#### **3.3.5.17. Peso Hectolítrico (PH)**

El PH se evaluó en el Laboratorio del Programa de Cereales del INIAP-Santa Catalina en una balanza de precisión en una muestra de un Kg. de cada unidad experimental y se expresó en puntos.

### **3.3.6. Económica**

#### **3.3.6.1. Presupuesto Parcial y Tasa de Retorno Marginal de los tratamientos**

Para el análisis de Presupuesto Parcial y Tasa de Retorno Marginal se utilizó el método propuesto por Perrint, et. al. 1988 que considera para el análisis: los resultados de los rendimientos obtenidos ajustados con un factor de ajuste del 20%, el precio actual de campo de la cebada, los costos que varían entre los tratamientos y el precio de campo del fertilizante.

### **3.4. MANEJO DEL ENSAYO**

#### **3.4.1. Selección del lote**

El lote fue seleccionado de acuerdo a la topografía del terreno, en este caso fue relativamente plano y de acuerdo al programa de rotación de

cultivos que tiene la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar.

#### **3.4.2. Toma de muestra del suelo**

Un mes antes de la siembra se tomaron 15 sub muestras con la ayuda de un barreno a una profundidad de 0-30 y 30-60 cm. Se homogenizaron y se llevó una muestra de 1kg al Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP-Estación Experimental Santa Catalina, y se realizaron los análisis de física y química.

#### **3.4.3. Preparación del terreno**

La preparación del terreno se realizó un mes antes de la siembra, en la misma forma en que realizan los agricultores: un arado y dos pases de rastra con tractor

#### **3.4.4. Fertilización química**

Se aplicó a la siembra 40 kg/ha de  $P_2O_5$ , y como fuente al 11- 52-0, en todo el ensayo.

#### **3.4.5. Siembra**

La siembra se realizó manualmente al voleo con una densidad de siembra 135 kg/ha. (MONAR, C.2010).

#### **3.4.6. Tape**

El tape, se efectuó manualmente con la ayuda de rastrillos a una profundidad de 5 cm.

#### **3.4.7. Control químico de malezas**

A los 30 días después de la siembra, se aplicó el herbicida Ally (Metsulfuron Metil 60%) en una dosis de un gramo/20 litros de agua para

el control de malezas de hoja ancha, con una bomba de mochila y boquilla de abanico de 2 m de luz (Monar, C.2004).

#### **3.4.8. Fertilización complementaria con N**

La dosis total de nitrógeno se fraccionó en tres aplicaciones: 30; 60 y 90 días después de la siembra (dds), para lo cual se utilizó como fuente de N la Urea, misma que se aplicó al voleo. La dosis de urea aplicada por tratamiento y por parcela de 25 m<sup>2</sup> fue: T1: Testigo (sin urea); T2: 73 gr/aplicación; T3: 146 gr; T4: 219 gr y T5: 365 gr/aplicación.

#### **3.4.9 Cosecha**

Se realizó en forma manual con el uso de hoz, cuando el cultivo estuvo en madurez comercial.

#### **3.4.10. Trilla**

Se utilizó una trilladora (estacionaria experimental) de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina-INIAP.

#### **3.4.11. Secado**

El secado, se efectuó en forma natural en un tendal, hasta cuando el grano obtuvo un contenido del 14% de humedad.

#### **3.4.12. Aventado**

Se realizó con una limpiadora experimental del Programa de Cereales del INIAP Santa Catalina.

#### **3.4.13. Almacenamiento**

El germoplasma debidamente etiquetado, se guardó en sacos lona para su conservación.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. VARIABLES AGRONÓMICAS

Cuadro N° 1 Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos en las variables agronómicas: Días a la emergencia de plántulas (DEP); Número de plantas por metro cuadrado (PMC); Número de macollos por planta (NMP); Días a la floración (DF) ; Altura de plantas (AP) en cm; Número de espigas por metro cuadrado (EMC); Número de granos por espiga (NGE), Longitud de la espiga (LE) en cm; Acame del tallo (AT); Virus BYD, *Fusarium nivale* hoja; *Helminthosporium* spp; Desgrane de espigas (DE); Días a la cosecha (DC ); Peso de 1000 semillas en gramos (PS); Peso Hectolítrico (PH) y Rendimiento en Kg/ha.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	DOSIS DE N EN Kg/ha					MEDIA GENERAL	CV (%)
Días a la emergencia de plántulas (DEP). **	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>	6,47	3,99
	7,00 A	7,00 A	6,33 AB	6,00 B	6,00 B		
Número de plantas por metro cuadrado (PMC)**	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	278,93	1,09
	302,00 A	287,67 B	271,67 C	267,00 C	267,00 C		
Número de macollos por planta (NMP). **	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	3,20	15,10

	4,67 A	3,33 AB	3,00 B	2,67 B	2,33 B		
Días a la floración (DF) NS	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	66,93	1,09
	67,67 A	67,33 A	67,00 A	66,67 A	66,00 A		
Altura de plantas (AP) en cm **	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	63,92	1,36
	67,18 A	64,95 AB	64,26 B	62,61BC	60,68 C		
Número de espigas por metro cuadrado (EMC)**	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	195,07	1,37
	271,67 A	253,33 B	239,00 C	228,00 D	222,33 D		
Número de granos por espiga (NGE)**	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	22,27	5,05
	27,33 A	24,67 A	20,67 B	20,00 B	18,67 B		
Longitud de la espiga (LE) en cm **	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	7,11	15,92
	9,13 A	7,43 AB	6,77 AB	6,53 A	5,70 B		
Acame del tallo (AT) **	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>3</sub>	1,47	17,60
	2,00 A	2,00 A	1,33 AB	1,00 B	1,00 B		
Virus BYD**	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>3</sub>	5,47	4,72
	6,00 A	6,00 A	5,33 AB	5,00 B	5,00 B		
<i>Fusarium nivale</i> hoja**	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>3</sub>	1,46	17,60

	2,00 A	2,00 A	1,33 AB	1,00 B	1,00 B		
<i>Helminthosporium</i> spp. NS	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>3</sub>	1,4	29,16
	2,00 A	1,67 A	1,33 A	1,00 A	1,00 A		
Escaldadura NS	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>3</sub>	2,40	17,01
	3,00 A	2,67 A	2,33 A	2,00 A	2,00 A		
Desgrane de espigas (DE) **	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>3</sub>	1,47	17,60
	2,00 A	2,00 A	1,33 AB	1,00 B	1,00 B		
Días a la cosecha (DC)**	T <sub>5</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	127,93	0,67
	129,33 A	129,00 AB	128,67 AB	126,67 BC	126,00 C		
Peso de 1000 semillas (PS) en g NS	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	41,10	13,72
	45,17 A	41,67 A	39,67 A	39,50 A	39,50 A		
Peso Hectolítrico (PH) NS	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	64,50	2,38
	65,94 A	65,37 A	64,20 A	63,90 A	63,08 A		
Rendimiento Kg/ha **	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	1778,03	4,59
	2264,55 A	1851,11 B	1679,04 BC	1598,96 C	1496,49 C		

Promedios con la misma letra, son estadísticamente iguales al 5% y promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.



- TRATAMIENTOS (Dosis de nitrógeno en Kg/ha)

La respuesta de los niveles de nitrógeno en cuanto a las variables agronómicas: Días a la emergencia de plántulas (DEP). ; Número de plantas por metro cuadrado (PMC); Número de macollos por planta (NMP); Altura de plantas (AP) en cm; Número de espigas por metro cuadrado (EMC); Número de granos por espiga (NGE), Longitud de la espiga (LE) en cm; Acame del tallo (AT); Virus BYD, *Fusarium nivale* hoja; Desgrane de espigas (DE); Días a la cosecha (DC ), Rendimiento Kg/ha fueron diferentes ( Cuadro N° 1). Sin embargo en las variables: Días a la floración (DF); *Helminthosporium* spp; *Rhynchosporium secalis*, Peso de 1000 semillas en gramos (PS); Peso Hectolítrico (PH) fueron estadísticamente similares (NS) (Cuadro N° 1).

Para la variable **Días a la emergencia de plántulas (DEP)**, el tratamiento más tardío fue el T2 (40 Kg/ha de N), con 7 días a la emergencia, mientras que el más precoz promedio fue el T3 (80 Kg/ha de N) con 6 días a la emergencia (Cuadro N° 1).

Quizá esta diferencia fue debido al azar ya que el Nitrógeno, recién se aplico a los 30 días y más bien pudieron influir la profundidad de siembra y el contenido de humedad en el suelo.

Esto se debió a que la siembra fue realizada manualmente y quizás la profundidad de siembra influyo en la germinación diferenciada por un día más y también por las características genotipo ambiente.

En la variable **Plantas por metro cuadrado (PMC)**, el mejor promedio presento el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con 302 plantas, mientras que el promedio más bajo se observo en el tratamiento T1 (0 Kg/ha de N) con 267 plantas (Cuadro N° 1).

Esta diferencia pudo darse quizás por la siembra al voleo, densidad, profundidad de siembra, humedad, etc.

Para la variable **Número de macollos por planta (NMP)**, el tratamiento con el promedio más alto fue el T3 (80 Kg/ha de N) con 4,67 (5 macollos por planta), mientras que el tratamiento con el menor promedio fue T1 (0 Kg/ha de N) con 2,33 (2 macollos por planta) (Cuadro N° 1).

La diferencia que existió entre los tratamientos fue debido en parte a la cantidad aplicada de nitrógeno ya que esto influyó en la síntesis de clorofila y por ende en el proceso de la fotosíntesis que permitió la formación de más macollos por planta con la dosis de 80 Kg/ha de N. El número de macollos por planta, es una característica varietal y depende de la interacción genotipo ambiente, nutrición de las plantas y densidad de siembra, etc.

En la variable **Altura de plantas en cm (AP)**, el mejor promedio fue el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con 67,18 cm, mientras que el tratamiento con menor promedio registró el T1 (0 Kg/ha de N) con 60,18 cm (Cuadro N° 1).

Estos resultados infirieron que el Nitrógeno aplicado sí influyó notablemente en el crecimiento de la planta ya que niveles elevados de N promueven una rápida división y elongación celular, además hubo otros factores determinantes como la cantidad de luz solar, humedad y la asimilación de nutrientes por planta. Además la AP, es una característica varietal y depende de su interacción genotipo – ambiente.

En el componente **Número de espigas por metro cuadrado (NEMC)**, el mejor promedio fue el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con 271,67 (272 espigas), mientras que el tratamiento con menor promedio registró el T1 (0 Kg/ha de N) con 222,33 (222 espigas) (Cuadro N° 1).

Esta variable tiene una relación directa con la calidad de semilla, porcentaje de emergencia, número de plantas por metro cuadrado, humedad del suelo y sobrevivencia de las plántulas. Además se infirió que una buena nutrición de la planta, incidió también en esta variable.

En la variable **Número de granos por espiga (NGE)**, el mejor promedio fue el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con 27 granos, mientras que el tratamiento con menor promedio fue el testigo: T1 (0 Kg/ha de N) con 19 espigas (Cuadro N° 1).

La diferencia de estos resultados nos confirma que con la aplicación de 80 kg/ha de nitrógeno se obtuvo una respuesta diferente frente testigo, esto se debe a la relación directa con las variables altura de plantas, longitud de las espigas y a factores determinantes como desarrollo vegetativo, radiación, temperatura y humedad del suelo.

En la variable **Longitud de espiga (LE)**, el mejor promedio fue el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con 9,13 cm, mientras que el tratamiento con menor promedio registro el T1 (0 Kg/ha de N) con 5,70 cm (Cuadro N° 1).

Estos resultados se dieron porque la longitud de la espiga es una característica varietal y dependen de factores ambientales como nutrición y sanidad de la planta; cantidad y calidad de luz solar, humedad y su interacción genotipo-ambiente, son determinantes también la nutrición y sanidad de las plantas.

Las variables **Acame del Tallo y Desgrane de espiga** son características varietales y dependen de su interacción genotipo ambiente.

Para acame del tallo (AT), todos los tratamientos fueron resistentes a la incidencia del viento (Cuadro N° 1).

En la variable desgrane de espigas (DE), presentaron todos los tratamientos resistencia al desgrane de espigas (Cuadro N° 1).

Estas características de resistencia al acame de tallo y desgrane de espigas, son muy importantes en zonas agroecológicas de fuertes vientos como son las zonas trigueras y cebaderas de nuestra provincia. (MONAR, C. 2006)

Con los resultados promedios evaluados de la incidencia de enfermedades foliares para *Fusarium nivale* en hoja, los valores fueron inferiores a 3 lo que deducimos que el cultivo evaluado fue resistente.

Para **virus (BYD)**, todos los tratamientos se registraron medianamente resistentes, en el que se observaron pocos insectos vectores del virus como los áfidos ( *Aphis* sp ). La presencia de estos vectores fue debido a la sequia durante la fase reproductiva del cultivo (Cuadro N° 1).

La incidencia de *Helminthosporium spp* y *Rhynchosporium secalis*, no fueron significativas debido al clima seco que se presentó durante el ciclo de cultivo y además esta variedad de cebada es tolerante a ciertos patógenos (MONAR, C. 2010).

En el componente **Días a la cosecha (DC)**, el tratamiento más tardío fue el T5 (160 Kg/ha de N) con 129 días, y el más precoz fue el T3 (80 Kg/ha de N) con 126 días a la cosecha (Cuadro N° 1).

Estos tratamientos tuvieron esta diferencia en esta zona agroecológica por la aplicación de diferentes dosis de Nitrógeno, por factores determinantes como son la temperatura, humedad, textura del suelo, calidad y cantidad de luz solar, viento, el fotoperíodo, sanidad de las plantas, genético y por tanto dependieron de su interacción genotipo – ambiente.

Para la variable **Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH)**, el tratamiento con el promedio más alto fue el T3 (80 Kg/ha de N) con 2.664,55 Kg/ha, mientras que el tratamiento con menor promedio fue T1 (0 Kg/ha de N) con 1.496,49 Kg/ha (Cuadro N° 1).

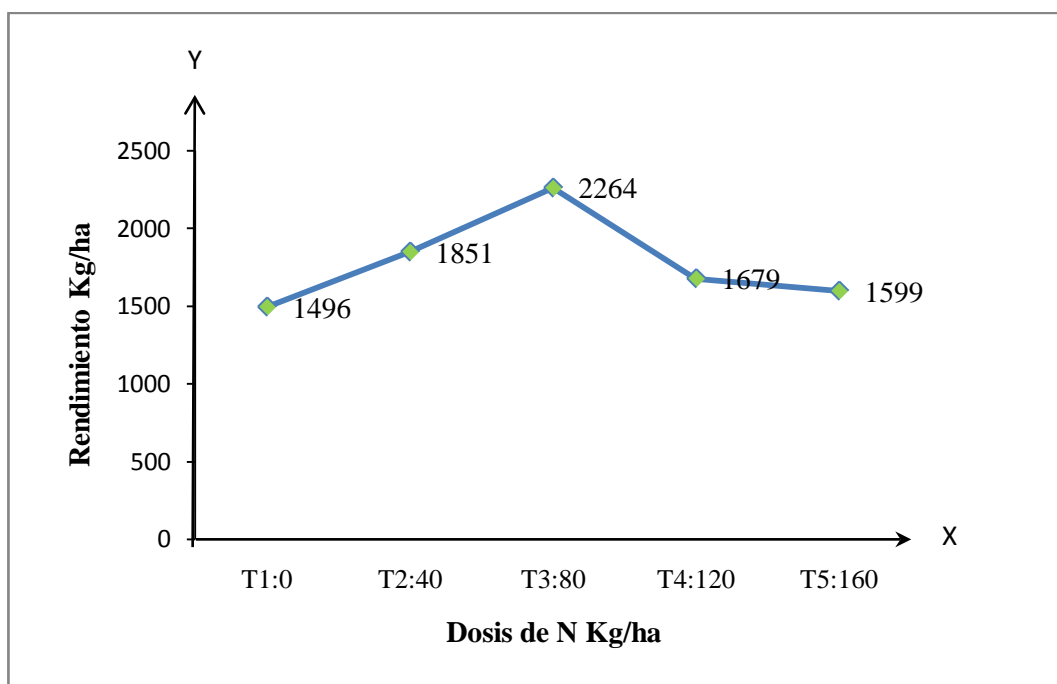
El mejor rendimiento del T3 se confirmó por los valores más altos de los diferentes componentes del rendimiento evaluados en esta investigación como fueron el número de plantas por metro cuadrado, número de macollos por planta, altura de plantas, número de espigas por metro

cuadrado, número de granos por espiga, longitud de la espiga y la adaptación excelente de esta variedad de cebada en esta zona agroecológica.

Estos resultados nos confirman que la aplicación de nitrógeno en dosis adecuadas, en una época de aplicación donde no haya mucha precipitación y fraccionando en tres aplicaciones fueron notables en el incremento del rendimiento de cebada.

El rendimiento es una característica varietal y depende de su interacción genotipo- ambiente.

Gráfico N ° 1 Respuesta del cultivo de cebada INIAP – Guaranga 2010 a la fertilización nitrogenada. Laguacoto 2011



En la variable RH en Kg/ha, se presentó una respuesta de tipo cuadrática (Gráfico N° 1); es decir el rendimiento de cebada se incrementó hasta la dosis de 80 Kg/ha de Nitrógeno y debido a la sequía en dosis más altas como 120 y 160 Kg/ha de N el rendimiento disminuyó. Bajo condiciones de sequia, no funcionan dosis altas de Nitrógeno por la baja eficiencia

química, agronómica y pérdida del Nitrógeno como volatilización. (MONAR, C. 2010)

En condiciones de estrés de sequía son recomendables dosis inferiores a 80 Kg/ha de N y fraccionando la aplicación en tres momentos: En la siembra, a los 40 y 60 días después de la siembra.

La respuesta de la dosis de N en cuanto a las variables **Peso de 1000 semillas en gramos (PS)** y **Peso Hectolítrico (PH)**, fue similar. Numéricamente los promedios más altos en estas variables fueron el T5 (160 Kg/ha de N) con 45,17 gramos y para PH el T4 (120Kg/ha de N) con 65,94 puntos (Cuadro N° 1).

## 4.2. VARIABLES QUIMICAS

**Cuadro N° 2** Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de tratamientos en las variables químicas: pH del suelo 0 – 30 cm de profundidad; Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en Kg/ha 0- 30 cm de profundidad; Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en Kg/ha 0- 30 cm de profundidad; Materia Orgánica (M.O.) en % 0- 30 cm de profundidad; pH del suelo 30 – 60 cm de profundidad; Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en Kg/ha 30- 60 cm de profundidad; Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en Kg/ha 30- 60 cm de profundidad; Materia Orgánica (M.O.) en % 30- 60 cm de profundidad; Biomasa total de tejido vegetal y grano (B.T.V.G.) en Kg/ha; Biomasa tejido vegetal (BTV) en Kg/ha; Materia seca de tejido vegetal (M.S.T.V.) en %, Extracción de N tejido vegetal (E.N.T.V.) en Kg/ha; Biomasa del grano (B.G.) en Kg/ha; Materia seca grano en (%); Extracción de N en grano (E.N.G.) Kg/ha; Extracción total de N tejido vegetal y grano (E.T.N.T.V.G.) en kg/ha, Eficiencia Agronómica (E.A) en Kg/ha; Eficiencia química (E.Q) en %

Variables químicas de suelo	DOSIS DE N EN Kg/ha					MEDIA GENERAL	CV (%)
pH del suelo reporte análisis de suelo 0–30 cm de profundidad (*)	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>5</sub>	6,46	1,05
	6,60 A	6,47 AB	6,46 AB	6,43AB	6,33 B		
Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) en Kg/ha reporte análisis suelo 0- 30 cm (**)	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	62,53	1,87
	109,00 A	81,67 B	54,00 C	40,00 D	28,00 E		
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) en Kg/ha reporte análisis	T <sub>5</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	43,63	3,55

suelo 0- 30 cm de profundidad (**)	72,01 A	47,37 B	46,50 B	38,67 C	13,61 D		
Materia Orgánica % (M.O.) reporte análisis suelo 0- 30 cm de profundidad (**)	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	3,20	1,55
	3,40 A	3,23 B	3,20 B	3,20 B	2,98 C		
pH del suelo reporte análisis de suelo 30 - 60 cm de profundidad (NS)	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>	7,07	1,21
	7,18 A	7,12 A	7,05 A	7,03 A	7,00 A		
Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) en Kg/ha reporte análisis suelo 30- 60 cm (**)	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	15,06	4,38
	24,00 A	19,33 B	16,67 C	10,00 D	8,00 E		
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) en Kg/ha reporte análisis suelo 30- 60 cm (**)	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	9,06	2,51
	13,31 A	8,65 A	8,45 A	7,69 A	7,20 B		
Materia Orgánica % reporte análisis suelo 30- 60 cm (**)	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	1,48	6,36
	1,87 A	1,58 B	1,52 B	1,25 C	1,18 C		
Biomasa total Kg/ha(B.T.) (*)	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	6208,08	14,74
	8342,8 A	6663,0 AB	5892,0 AB	5402,2 B	4739,8 B		
Biomasa tejido vegetal(B.T.V.) Kg/ha (*)	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	4372,85	20,02
	5996,74 A	4640,33 AB	4318,84 AB	3671,22 AB	3237,1 B		
Materia seca de tejido vegetal %	T <sub>5</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>	88,83	2,89



<b>(M.S.T.V.) (NS)</b>	90,80 A	89,24 A	88,97 A	88,82 A	86,34 A		
Extracción de N Tejido vegetal en Kg/ha ( E.N.T.V.) (**)	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	40,56	17,10
	60,10 A	54,30 A	41,30 AB	27,36 BC	19,74 C		
Biomasa del grano Kg/ha (B.G.) (**)	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	1788,2	7,49
	2129,04 A	2108,39 A	1658,67 B	1545,03 B	1499,87 B		
Materia seca grano % (M.S.G.) (NS)	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	88,66	0,93
	89,14 A	88,86 A	88,80 A	88,71 A	87,79 A		
Extracción de N en grano Kg/ha ( E.N.G.) (**)	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	36,94	5,50
	43,93 A	37,84 B	37,58 B	34,91 BC	30,45 C		
Extracción total de N tejido vegetal + grano ( E.T.N.T.V.G.) (**)	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	77,57	8,30
	98,23 A	97,67 A	76,55 B	65,19 BC	50,20 C		
Eficiencia Agronómica Kg/ha (E.A.) (**)	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	5,12	33,99
	14,60 A	8,86 B	1,52 C	0,64 C	0,0 C		
Eficiencia química % (E.Q.) (**)	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>1</sub>	30,71	14,98
	60,04	39,56	37,49	16,46	0,00		

Promedios con la misma letra, son estadísticamente iguales al 5% y promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

- TRATAMIENTOS (Dosis de nitrógeno en Kg/ha.)

La respuesta de los niveles de nitrógeno (T1: 0 Kg/ha; T2: 40 Kg/ha; T3: 80 Kg/ha; T4: 120 Kg/ha; T5: 160 Kg/ha) en cuanto a los indicadores de química de suelo: pH del suelo 0 – 30 cm de profundidad; Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en Kg/ha 0- 30 cm de profundidad; Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en Kg/ha 0- 30 cm de profundidad; Materia Orgánica (M.O.) en % 0- 30 cm de profundidad; Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en Kg/ha 30- 60cm de profundidad; Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) en Kg/ha 30- 60 cm de profundidad; Materia Orgánica (M.O.) en % 30- 60 cm de profundidad; Biomasa total de tejido vegetal y grano (B.T.T.V.G.) en Kg/ha; Biomasa de tejido vegetal (B.T.V.) en Kg/ha; Extracción de N en el tejido vegetal (E.N.T.V.) en Kg/ha; Biomasa del grano (B.G.) en Kg/ha; Extracción de N en el grano (E.N.G.) en Kg/ha; Extracción total de N en el tejido vegetal y grano (E.T.N.T.V.G.) en Kg/ha, Eficiencia Agronómica (E.A) en Kg/ha y Eficiencia química (E.Q.) en %, fueron estadísticamente diferentes. (Cuadro N° 2). Sin embargo en las variables: pH del suelo 0 – 30 cm de profundidad, Materia seca de tejido vegetal (M.S.T.V) y Materia seca grano (M.S.G.) en % fueron estadísticamente similares. (Cuadro N° 2).

Para **pH del suelo a una profundidad de 0 – 30 cm** el, T1 presentó un pH de 6,60 y el T5 (160 Kg/ha de N) con 6,33. (Cuadro N° 2). Esta repuesta es lógica porque en condiciones de sequia con mayores dosis de Nitrógeno, el suelo tiende a suelos más ácidos.

Quizá bajo las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo con la dosis 0 Kg/ha de N, se alcanzó un suelo ligeramente ácido por que poseen mayor cantidad de iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) y con la dosis de 160 kg/ha se presentó un suelo moderadamente ácido debido a que la fertilización con N acelera la acidez, a dosis bajas de N, la acidificación es lenta, pero se acelera a medida que la dosis de N se incrementa esto se da porque en el proceso de nitrificación convierte el  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$ , se liberan iones hidrogeno  $\text{H}^+$  proceso que produce acidez en el suelo.

El indicador **NH<sub>4</sub> en Kg/ha a una profundidad de 0-30 cm (NH<sub>4</sub>)**, con el promedio más alto se registró en el T4 (120 Kg/ha de N) con 109 Kg/ha y el promedio menor en el T2 (40 Kg/ha de N) 43,67 Kg/ha. (Cuadro N° 2).

Esto se debe a que durante el ciclo del cultivo con la dosis 120 Kg/ha de N, se alcanzó un suelo con concentración de amonio medio, y con la dosis de 40 Kg/ha de N una concentración de amonio bajo y además con 40 Kg/ha, existió una mayor asimilación de N por el cultivo.

Quizá algunos factores determinantes para que exista menor concentración de amonio en el suelo son la relación C/N de los materiales de descomposición, calidad de los residuos de cultivo, condiciones ambientales en el suelo, como temperatura, humedad, pH, lixiviación, volatilización, etc.

Para el **contenido de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en profundidad de 0 – 30 cm**, el promedio más alto se registró en T5 (160 Kg/ha de N) con 72,01 Kg/ha y el promedio menor en el T1 (0 Kg/ha) con 13,61 Kg/ha. (Cuadro N° 2).

La diferencia de estos resultados fue que con la dosis de 160 Kg/ ha de N hubo mayor contenido de nitrato debido a las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo, con poca presencia de lluvia, la sequia ayudo a mantenerse con facilidad porque tiende a reducir su perdida por lixiviación, además el nitrato no es volátil, esto permitió una mayor concentración del ión.

En tanto que con 0 Kg/ha de N la concentración fue menor ya que en este tratamiento no se aplico nada de Nitrógeno y sólo se consumió lo que existía en el suelo. Otros factores que influyen en el contenido de (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) son: la extracción que realizan las cosechas, factores bio-climáticos como altitud, temperatura, cantidad y calidad de luz solar, fotoperiodo, respiración, evapotranspiración, cantidad y distribución de la precipitación, tipo de cultivo, densidad de plantas por hectárea, pH y el contenido de materia orgánica.

Para **materia orgánica (M.O.) de 0 – 30 cm**, el promedio más elevado se presentó en el T5 (160 kg/ha de N) con 3,40% y el menor promedio se en el T2 (40 kg/ha de N) con 2,98% (Cuadro N° 2). Estos valores corresponden a un valor medio de materia orgánica.

La materia orgánica contiene alrededor del 5% de N total, por lo tanto, es una bodega que acumula reservas de N. Pero el N en la materia orgánica se encuentra formando parte de compuestos orgánicos y no está disponible inmediatamente para el uso de las plantas, debido a que la descomposición ocurre lentamente.

Además la materia orgánica proviene de los residuos de vegetales y animales por ende la mayor parte se encuentra en la superficie del suelo.

El **contenido de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en el suelo a profundidad de 30 – 60 cm**, el promedio más alto se registró en el T3 (80 Kg/ha de N) con 24 Kg/ha y el menor promedio en el T4 (120 Kg/ha de N) con 8 Kg/ha (Cuadro N° 2).

Con la dosis de 80 Kg/ha de N se tuvo un nivel medio de amonio; sin embargo con 120 Kg/ha, se registro un nivel bajo. Esto fue debido quizá porque el  $\text{NH}_4^+$  en el suelo, se convierte en Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y con precipitaciones altas se lixivia, pero como se presentaron periodos de sequia durante el ciclo de cultivo, apenas con 339 mm (Anexo3), este elemento químico se perdió por denitrificación proceso mediante el cual  $\text{NO}_3^-$  se reduce a formas gaseosas como el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) o Nitrógeno atmosférico ( $\text{N}_2$ ) que se pierde fácilmente en la atmosfera.

El contenido de **Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en el suelo a una profundidad de 30 - 60 cm**, el promedio más alto se determinó en el T5 (160 Kg/ha de N) con 13,31Kg/ha y el menor en el T2 (40 Kg/ha de N) con 7,20 Kg/ha (Cuadro N° 2).

Quizá se presentaron niveles bajos de nitratos debido a que se perdió por denitrificación.

El promedio más alto de **materia orgánica (M.O.) en el suelo a una profundidad de 30 – 60 cm**, se registró en el T1 (0 Kg/ha de N) con 1,87% y el menor en el T3 (80 Kg/ha de N) con 1,18% (Cuadro N° 2).

Estos valores corresponden a un nivel bajo en los resultados del análisis de suelos (Anexo 2). Quizá debido a que los restos de vegetales se encuentran en la superficie del suelo en varios estados de descomposición y los microorganismos toman el N del suelo para el proceso de mineralización de la materia orgánica.

Además la relación C/N es mayor en el horizonte superficial y es muy difícil que la materia orgánica siga incorporándose a mayores profundidades por el grado de compactación del suelo, mismo que es franco arcilloso.

Para **Biomasa Total en Kg/ha (B.T.)**, la mejor respuesta se registró en el T3 (80 Kg/ha de N) con 8.342,8 Kg/ha y el menor promedio en el T1 (0 Kg/ha de N) con 4739,8 Kg/ha (Cuadro N° 2).

La diferencia de estos resultados se debe a que con la dosis de 80 Kg/ha de N, se alcanzó una mayor producción de biomasa, quizás por algunos factores determinantes como: número de macollos por planta, altura de plantas, número de hojas por planta, diámetro del tallo, longitud de espiga, granos por espiga, peso del grano, volumen radicular, porcentaje de materia seca, dosis de N, a esto se suman los factores climáticos como: precipitación, temperatura, cantidad y calidad de luz solar.

La menor respuesta como es lógico fue en el testigo T1 (0 Kg/ha de N). Los componentes determinantes fueron una menor altura de plantas, bajo número de plantas por m<sup>2</sup>, menor área foliar y menor concentración de N.

Para **Biomasa de tejido vegetal Kg/ha (B.T.V.)**, el promedio más elevado se determinó en el T3 (80 kg/ha de N) con 5.996,74 kg/ha y el menor promedio en el T1 (0 Kg/ha de N) con 3237,1 Kg/ha (Cuadro N° 2).

Quizá esta respuesta se dio porque el Nitrógeno evidentemente influyó en el volumen de las raíces, altura de planta, diámetro del tallo, número de macollos por planta, índice de área foliar, índice de cosecha, etc.

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta, es un componente de vitaminas y los sistemas de energía en la planta, esto permite un mejor desarrollo vegetativo y reproductivo.

Además la temperatura es el factor que más influye sobre la cantidad de biomasa total de la planta, al igual que la humedad y nutrición de la planta.

Para **Extracción de Nitrógeno en tejido vegetal Kg/ha (E.N.T.V.)**, el promedio más alto se determinó en el T4 (120 Kg/ha de N) con 60,10 Kg/ha y el menor en el T1 (0 Kg/ha de N) con 19,74 kg/ha (Cuadro N° 2).

Las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo influyen en la extracción del N. El contenido de N en los restos vegetales es alto, siendo de vital importancia la incorporación de los mismos al suelo. La menor respuesta fue en el testigo T1 (0 Kg de N) quizá porque existió menor cantidad de N en el suelo, pérdidas por escorrentía superficial, lixiviación y pérdidas gaseosas. Además la planta extrajo el nitrógeno sólo proporcionado por el suelo.

Para **Biomasa del grano en Kg/ha (B.G.)**, con el mayor promedio se registró en el T3 (80 Kg/ha de N) con 2.129,04 Kg/ha y el menor valor se determinó en el T1 (0 Kg/ha de N) con 1.499,87 Kg/ha (Cuadro N° 2).

Las diferencias observadas en los valores promedios de peso de granos, fue debido a que cantidades adecuadas de N ayuda al desarrollo vegetativo como: crecimiento del área foliar, altura de planta, diámetro del

tallos, longitud de espiga, número de granos por m<sup>2</sup> y por ende mayor rendimiento de grano, mismo que contiene proteínas, grasas, hidratos de carbono, fibra, cenizas o minerales.

Para **Extracción de Nitrógeno en grano Kg/ha (E.N.G.)**, la mejor respuesta se registró en el T3 (80 Kg/ha de N) con 43,93 Kg/ha, mientras que el promedio más bajo fue en el T1 (0 Kg/ha de N) con 30,45 Kg/ha (Cuadro N° 2).

Esto se debió quizás por las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, además las diferencias en extracción se podrían explicar por el mayor volumen de raíces para explorar los nutrientes, por la cantidad de Nitrógeno aplicado ya que este elemento es directamente responsable del incremento del contenido de proteínas en las plantas y grano. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

Los granos en desarrollo necesitan nitrógeno y también carbohidratos. Después de la antesis la planta extrae poco nitrógeno del suelo, por lo que los granos en desarrollo (que crecen sólo después de la antesis) tienen que obtener casi todo su nitrógeno del que está almacenado en la planta. Una fuente importante del mismo son las hojas verdes.

La principal razón por la cual las hojas pierden su color verde y mueren es porque pierden el nitrógeno que es redistribuido a los granos. Cuanto menor sea la cantidad de nitrógeno almacenado, más rápidamente morirán las hojas. La cantidad de nitrógeno que ha sido almacenado depende de cuánto había disponible en el suelo antes de la antesis y de las prácticas de manejo del cultivo.

Para **Extracción Total de Nitrógeno Kg/ha en Tejido vegetal y grano (E.T.N.)**, el mayor promedio se registró en el T3 (80 Kg/ha de N) con 98,23 Kg/ha, mientras que el menor valor se reportó en el T1 (0 Kg/ha de N) con 50,20 Kg/ha (Cuadro N° 2).

La diferencia de estos resultados quizá es por la presencia de Nitrógeno en el suelo, disponibilidad del nutriente, condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo, ya que este elemento influyó en algunos componentes del rendimiento y por ende a mayor extracción de N total en el sistema, mayor biomasa, rendimiento y calidad del grano.

Para la **Eficiencia agronómica (E.A.)**, evaluada en Kg/ha, el promedio más elevado se registró en el T3 (80 Kg/ha de N) con 14,60 Kg/ha, mientras que el menor valor se reportó en el T5 (160Kg/ha de N) con 0,64 Kg/ha (Cuadro N° 2).

La diferencia de estos resultados es porque con la dosis de 80 Kg/ha hubo una mayor eficiencia es decir que por cada Kg de Nitrógeno aplicado se produjo 14,60 Kg/ha más de grano, en comparación a la dosis de 160 Kg/ha, esto debido al estrés de sequia durante el ciclo de cultivo en el cual el N se volatilizó fácilmente de la superficie del suelo, pudiéndose perder de esta forma una apreciable cantidad de nitrógeno del sistema.

Además influyó la deficiente distribución de la precipitación (Anexo N° 3), rango amplio de temperatura (2°C a 24,5°C), humedad del suelo, cantidad y la calidad de luz, vientos, respiración, evapotranspiración, índice de área foliar, tasa de fotosíntesis, sanidad de plantas y espigas, nutrición de la planta, eficiencia de macro y micro nutrientes, época de siembra y densidad de plantas por hectárea (MONAR, C. 2012. Entrevista personal).

Para la **Eficiencia química en % (E.Q.)**, el promedio más alto se registro en T3 (80 Kg/ha) con 60,04 % mientras que el menor valor se determino en T5 (160 Kg/ha) con 16,46% (Cuadro N° 2).

Quizá estos resultados se dieron porque no hubo una buena asimilación del N por la planta por el estrés de sequia durante el ciclo de cultivo. La eficiencia química del N, depende de los caracteres varietales, condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.



Además son determinantes las condiciones bioclimáticas como cantidad y distribución de la precipitación (Anexo N° 3), temperatura, humedad del suelo, cantidad y la calidad de luz, vientos, respiración, evapotranspiración, índice de área foliar, tasa de fotosíntesis, sanidad de plantas, nutrición de la planta, eficiencia de macro y micro nutrientes, época de siembra y la Eficiencia Agronómica (MONAR, C. 2012 Entrevista personal).

### 4.3. ÍNDICE DE NITRÓGENO

Cuadro N° 3. Resumen de los principales resultados del análisis del Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, promedio de los tratamientos del cultivo de cebada. Laguacoto 2011.

INDICADORES	TRATAMIENTOS				
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>
Evaluación del Riesgo					
N Total en el sistema (Kg de N/ha/año)	135	181	273	273	409
Desnitrificación (Kg de N/ha/año)	1	5	5	7	19
Removido en la Cosecha (Kg de N/ha/año)	45	56	80	50	48
Nitrógeno Total Lixiviado (Kg de N/ha/año)	5	7	10	12	20
Nitrato Residual (Kg de N/ha/año)	82	110	171	202	321
Eficiencia del Sistema (%)	33	31	29	18	12
Proporción N aplicado: N removido por el cultivo (Kg de N/ha/año)	2,55	2,74	3	5,09	7,84
Evaluación Económica					
Desnitrificación [\$ /ha y (Pérdida)]	1,80	8,41	8,02	11,42	30,62
Nitrógeno Total Lixiviado [\$ /ha y (Pérdida)]	8,41	11,20	17,26	20,47	32,40
Nitrato Residual [\$ /ha y (Pérdida)]	138,18	183,91	283,42	336,18	532,03

De acuerdo con el Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, los resultados sistematizados de los cinco tratamientos en estudio, nos demuestran claramente que dependen de varios factores: agronómicos, condiciones físicas, químicas, biológicas del suelo y las condiciones climáticas básicamente la cantidad y distribución de la precipitación durante el ciclo del cultivo, temperatura, cantidad y calidad de la luz solar, etc.

Las características físicas y químicas del suelo donde se realizó el ensayo, tienen una textura franco arcillosa, un pH entre 6 a 6.5, contenido de materia orgánica menor al 3%, bajo a medio para N; medio para P y K; y bajo para el S. (MONAR, C. 2010)

Durante el ciclo del cultivo de cebada INIAP- Guaranga 2010 de marzo/2011 a agosto/2011, fue relativamente un año seco con períodos de estrés de sequía en la fase vegetativa y reproductiva lo que incidió en la eficiencia química, agronómica e Índice de Nitrógeno.

El tratamiento T<sub>1</sub> presentó 135 Kg N total/ha/año; un proceso de desnitrificación mínima de 1 Kg de N/ha/año; la cosecha removió 45 Kg de N/ha/año, debido a las condiciones climáticas con baja cantidad de precipitación y mal distribuida, tan sólo se lixivió 5 Kg de N/ha/año. En el suelo en forma de nitrato quedó 82 Kg de N/ha/año; se presentó una eficiencia del sistema del 33% con una proporción de N aplicado versus en N removido por el cultivo de 1 Kg de N/ha/año (Cuadro N° 3).

La variedad de cebada INIAP- Guaranga 2010, con estrés de sequía, no respondió a dosis altas de Nitrógeno; siendo las más eficientes, dosis inferiores a 80 Kg/ha (Monar, C. 2010).

Estos resultados nos confirman que utilizando este cultivar en períodos de estrés de sequía las dosis más eficientes de N están entre 40 y 80 Kg/ha de N/año.

El tratamiento T<sub>2</sub> (40 Kg/ha de N), presentó una eficiencia total del sistema del 31% (Cuadro N° 3).

El mayor riesgo de dosis elevadas de N, superiores a 80 Kg/ha, son la baja eficiencia del N, porque hay mayor volatilización en sequía y mayor lixiviación en eventos de alta precipitación.

Bajo condiciones normales del clima y si manejáramos con riego el cultivo de cebada, tendría una respuesta lineal a las dosis de N; es decir a mayor cantidad de N, mayor rendimiento de cebada; sin embargo para un ensayo sostenible del N y reducir las pérdidas e incrementar la eficiencia, es necesario un manejo integrado del cultivo con buenas prácticas de producción (BPP).

En términos económicos el tratamiento T1 y el T2 presentaron la menor pérdida económica (Cuadro N° 3).

Por lo general, se estima que entre el 50 y el 80 % de nitrógeno aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50 % del nitrógeno se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental.

En consecuencia, para algunas prácticas agrícolas, la fertilización equilibrada esencialmente significa una oferta de nitrógeno para tener un nivel elevado de fertilidad. Los principales factores determinantes de la fertilidad del suelo son: la materia orgánica (incluyendo la biomasa microbiana), textura, estructura, profundidad, contenido de los nutrientes, capacidad de almacenamiento (capacidad de adsorción), reacción del suelo y la ausencia de los elementos tóxicos (por ejemplo: aluminio libre). Los suelos difieren ampliamente en estos factores. Los fertilizantes nitrogenados no absorbidos quedan en el suelo y alteran su estructura, destruyendo las bacterias con la consiguiente reducción de fertilidad.

Gráfico N ° 2. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, en el tratamiento T1 (0 Kg/ha de N).

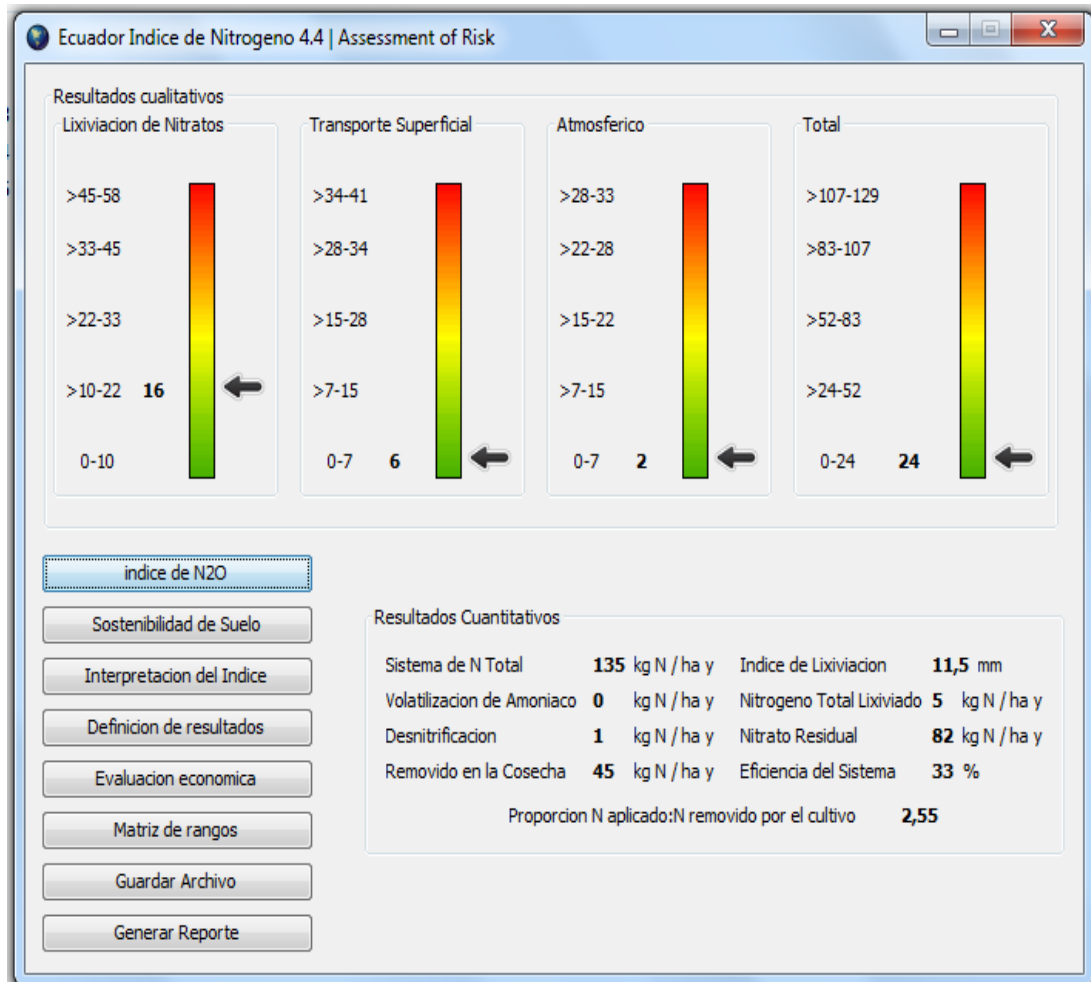


Gráfico N ° 3. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, en el tratamiento T2 (40 Kg/ha de N)

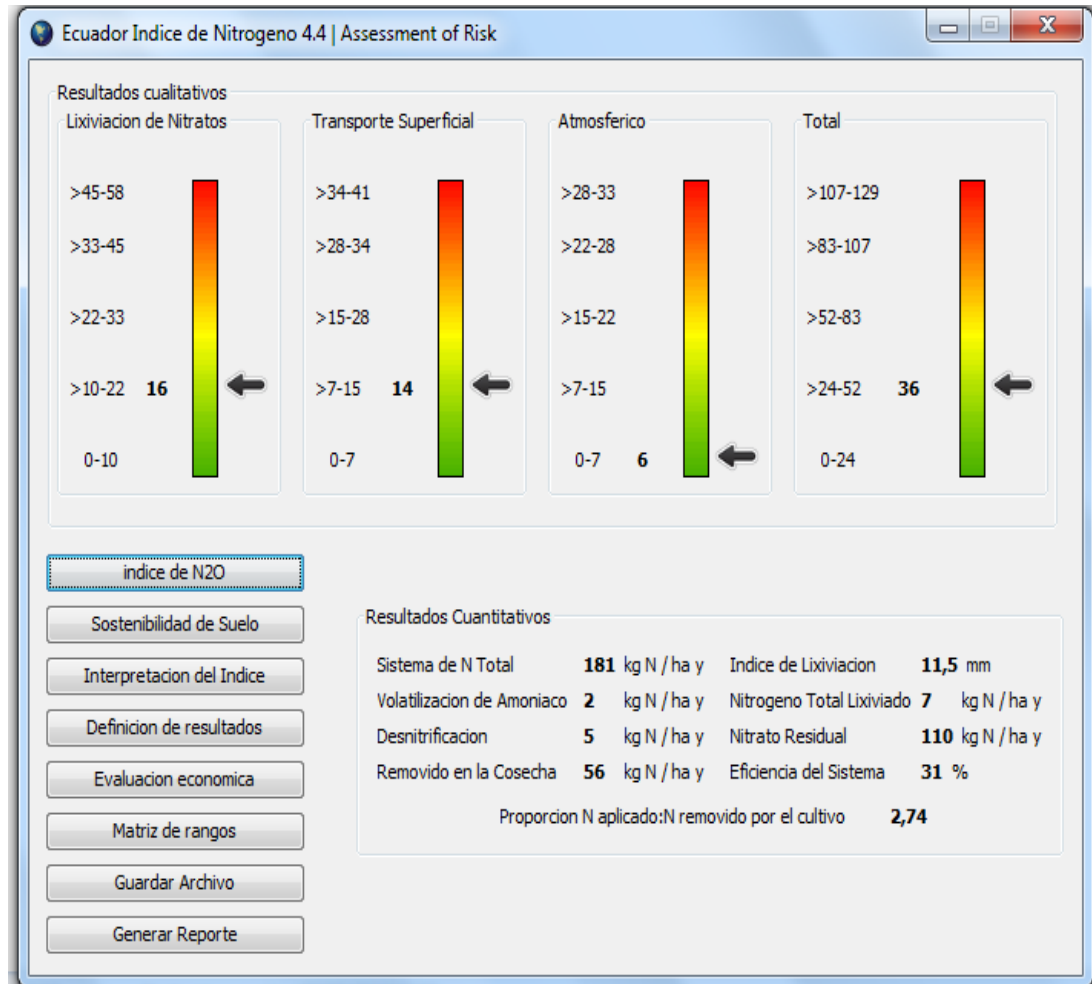


Gráfico N ° 4. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N).

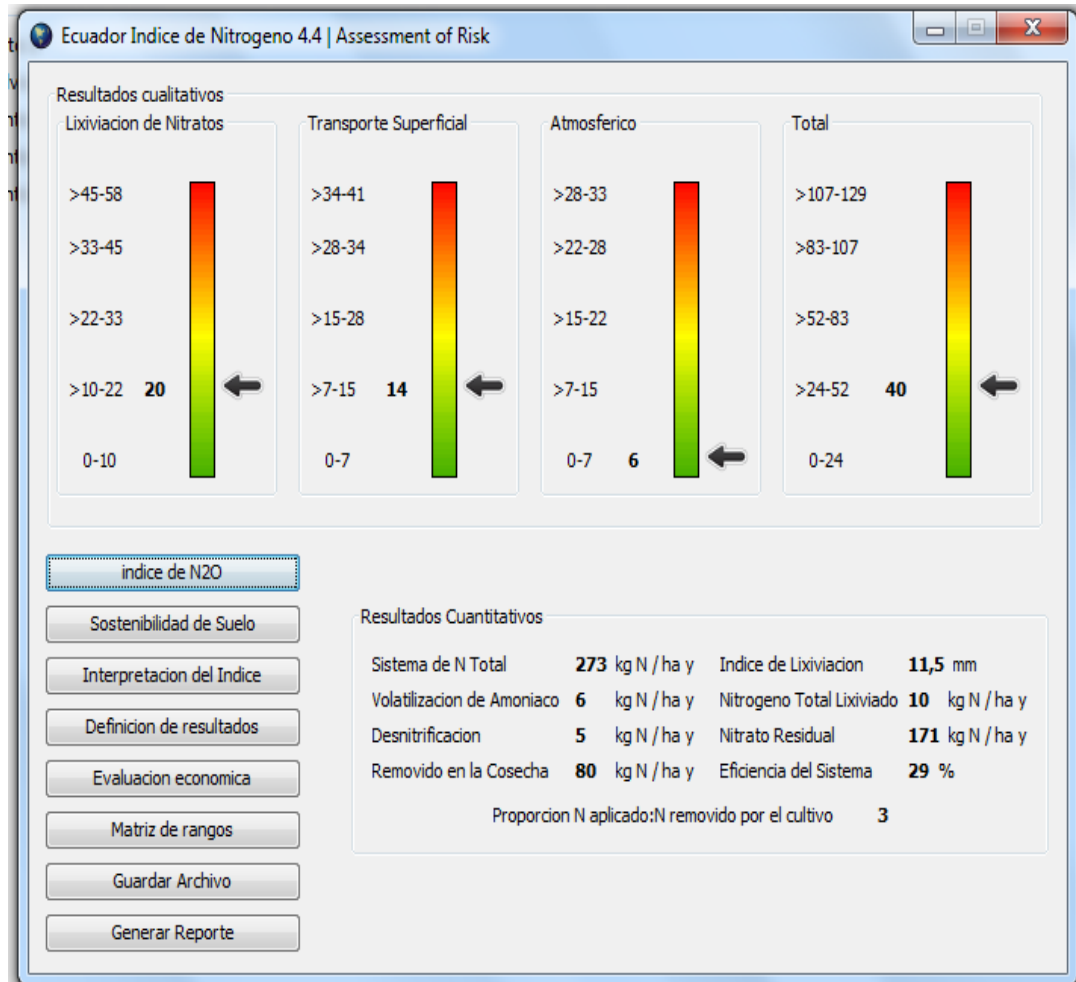


Gráfico N ° 5. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador, en el tratamiento T4 (120 Kg/ha).

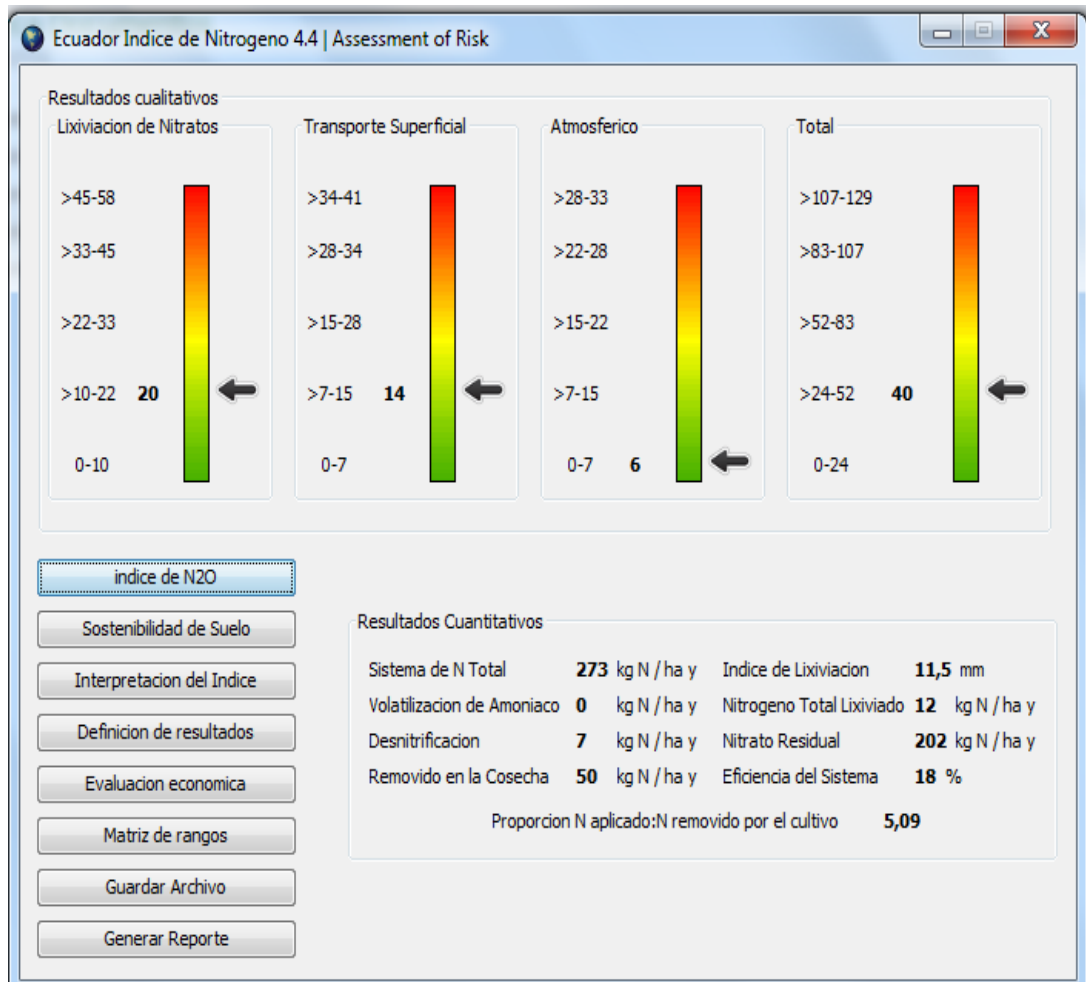
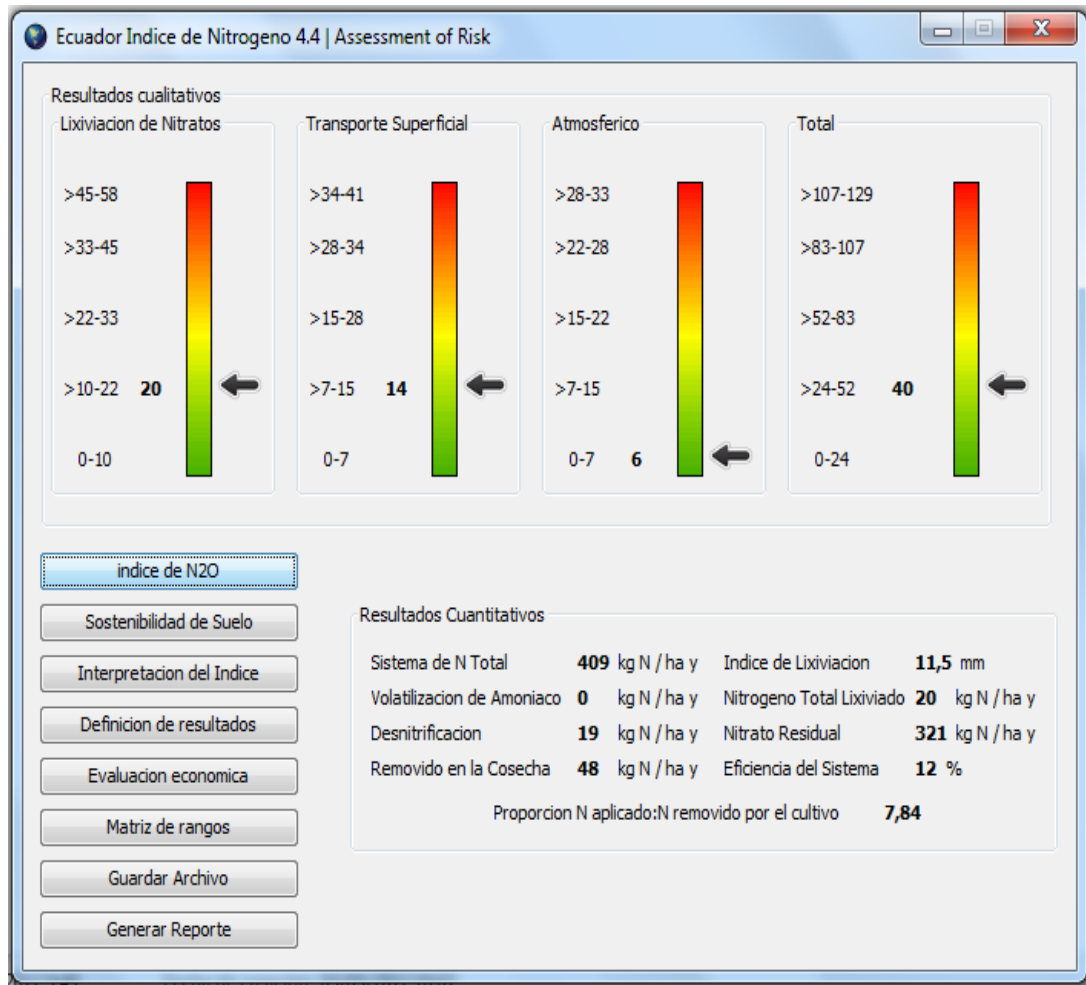


Gráfico N ° 6. Resultados obtenidos del programa Índice de Nitrógeno versión 4.4. Ecuador en el tratamiento T5 (160 Kg/ha).





#### 4.4. COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV%)

En esta investigación se calcularon valores del CV muy inferiores al 20% con excepción en la variable agronómica Incidencia y severidad de enfermedades foliares, y en las variables de química de suelo y la eficiencia agronómica.

Estos resultados son normales porque son variables que no estuvieron bajo el control del investigador. Quizás por las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, factores bio-climáticos y entre otros, que no estuvieron bajo el control del investigador.

Valores del CV inferiores al 20%, significan que los resultados son confiables y consistentes por lo tanto las inferencias, conclusiones y recomendaciones son válidas para esta zona agro-ecológica y en las condiciones climáticas registradas durante el ciclo de cultivo.

#### 4.5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN

Cuadro N° 4. Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes (componentes del rendimiento – Xs), que tuvieron una significancia estadística sobre el rendimiento (variable dependiente – Y).

Componentes del rendimiento (Variables Independientes)	Coefficiente de correlación "r"	Coefficiente de regresión "b"	Coefficiente de determinación (R <sup>2</sup> ) %
Número de plantas por metro cuadrado (PMC).	0.933**	28.499**	86
Número de macollos por planta (NMP).	0.763**	331.39**	55

Altura de plantas en cm	0.803**	144.57**	62
Número de espigas por metro cuadrado (EMC).	0.901**	21.180**	80
Número de granos por espiga (NGE)	0.587*	109.28*	71
Longitud de la espiga en cm (LE).	0.721**	214.63**	48
Amonio (NH4) en Kg/ha reporte análisis suelo 30-60 cm de profundidad	0.720**	49.044**	48
Biomasa Total residuo vegetal+ grano en Kg/ha	0.810**	0.2376**	63
Biomasa residuo vegetal en Kg/ha	0.744**	0.26633**	52
Biomasa del grano en Kg/ha	0.690**	0.98496**	44
Extracción de N del grano en Kg/ha	0.838**	76323**	68
Extracción de N total en Kg/ha	0.568*	12.58*	27
Eficiencia Agronómica en Kg/ha	0.935**	67.880	87
Eficiencia Química en %	0.821**	16.22	65

\* = Significativo al 5%

\*\* = Altamente significativo al 1%

#### 4.5.1. COEFICIENTE DE CORRELACION (r)

El coeficiente de correlación es un valor estadístico que mide la relación o estrechez positiva o negativa entre dos variables. Su valor máximo es +/-1 y no tiene unidades. (MONAR, C. 2010)

En esta investigación las variables independientes que presentaron una correlación significativa positiva con el rendimiento fueron número de plantas por metro cuadrado, número de macollos por planta, altura de plantas, número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiguilla, longitud de la espiga, amonio (NH<sub>4</sub>), biomasa total, biomasa residuo vegetal, biomasa del grano, extracción de N del grano, extracción de N total, eficiencia Agronómica y eficiencia química (Cuadro N° 3).

Sin embargo la variable que presentó una estrechez significativa negativa con el rendimiento fue materia orgánica de 30 – 60 cm (Cuadro N° 3).

#### **4.5.2. COEFICIENTE DE REGRESIÓN (b)**

El coeficiente de regresión es la asociación positiva o negativa entre las variables dependientes (Xs) versus el rendimiento o variable dependiente (Y). Dicho de otra manera es el incremento o disminución del rendimiento en Kg/ha; por cada cambio único de la (s) variable(s) independiente(s).

En esta investigación las variables independientes que contribuyeron a aumentar el rendimiento de cebada evaluado en Kg/ha fueron: número de plantas por metro cuadrado, número de macollos por planta, altura de plantas, número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiguilla, longitud de la espiga, amonio (NH<sub>4</sub>), biomasa total, biomasa residuo vegetal, biomasa del grano, extracción de N del grano, extracción de N total, eficiencia Agronómica, eficiencia química (Cuadro N° 3).

Esto quiere decir que plantas más altas de mayor grosor con espigas largas tuvieron mayor biomasa y grano, lo cual significó un mayor rendimiento de la cebada evaluada en Kg/ha.

#### **.4.5.3 COEFICIENTE DE DETERMINACION (R<sup>2</sup>)**

El R<sup>2</sup> es un estadístico que nos indica en qué porcentaje se incrementó o redujo el rendimiento (variable dependiente – Y) por cada cambio único de las variables independientes (Xs). (MONAR, C. 2010)

Valores más elevados del  $R^2$ , significan un mejor ajuste de datos de la línea de regresión lineal:  $Y = a + bx$ .

En esta investigación el 87% de incremento en el rendimiento de cebada fue debido a la mayor eficiencia agronómica (Cuadro N° 3). Esto quiere decir que el incremento del rendimiento en la variable dependiente (Y) fue debido a una mayor eficiencia agronómica.

#### 4.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE PRESUPUESTO PARCIAL (AEPA)

Cuadro N° 5. Análisis Económico de Presupuesto Parcial (AEPP). Cultivo de cebada Laguacoto. 2011.

VARIABLE	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
Rendimiento promedio en Kg/ha	1496	1851	2665	1679	1599
Rendimiento ajustado 10% en Kg/ha	1346	1666	2399	1512	1440
Ingreso Bruto \$/ha	700.00	866	1247	786	749
Costos que varían \$/ha	--	--	--	--	--
Urea \$/ha	0.00	66.12	132.24	198.30	264.48
Mano de obra \$/ha	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00
Costo de envases \$/ha	9.00	11.10	15.90	10.20	9.60
Total costos que varían \$/ha	9.00	87.22	168.14	238.50	314.08
Beneficio neto \$/ha	691.00	778.78	1078.86	547.50	434.92

Cuadro N° 6. Análisis de Dominancia.

	<b>Total de Costos que</b>	<b>Total de beneficios</b>	
<b>Tratamiento N°</b>	<b>varían \$/ha</b>	<b>Netos \$/ha</b>	
T1 (0 Kg/ha)	9,00	691,00	
T2 (40 Kg/ha)	87,22	778,78	
T3 (80 Kg/ha)	168,14	1.078,86	
T4 (120 Kg/ha)	238,50	547,50	D
T5 (160 kg/ha)	314,08	434,92	D

D: Tratamientos Dominados.

Cuadro 7.- Análisis de la Tasa Marginal de Retorno (TMR %).

<b>Tratamiento N°</b>	<b>Total de Costos que varían \$/ha</b>	<b>Total de beneficios Netos \$/ha</b>	<b>TMR %</b>
T1 (0 Kg/ha)	9	691	112
T2 (40 Kg/ha)	87,22	778,78	371
T3 (80 Kg/ha)	168,14	1.078,86	

- **Análisis económico de presupuesto parcial**

El análisis económico de presupuesto parcial, se realizó de acuerdo a la metodología de Perrín, et, al. 1998, en que toma en cuenta únicamente los costos que varían en cada tratamiento, como fue en este estudio las dosis de N, mano de obra y costo de envases.

El precio promedio de venta de un Kg. de cebada fue de 0,52 centavos de dólar; el Kg de urea fue de 0,76 centavos de dólar, el valor de un jornal por día fue de \$10 dólares y el costo de un envase con una capacidad de 45 Kg fue de 0,30 centavos de dólar.

El mejor beneficio neto de cebada se registró en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con \$ 1078.86/ha (Cuadro N° 4).

- **Análisis de Dominancia**

Se registró dominancia en los tratamientos T4 (120 Kg/ha) y T5 (160 Kg/ha), porque subieron los costos que varían y se redujo el beneficio neto (Cuadro N° 5).

Estos tratamientos fueron dominados principalmente por los valores más altos de los costos que varían en cada tratamiento y una reducción del rendimiento por la respuesta cuadrática que se evaluó con las dosis de nitrógeno.

- **Análisis Marginal de Retorno**

La tasa Marginal de Retorno (TMR), se calculó con la fórmula:

$$TMR = \frac{\Delta BN}{\Delta CV} \times 100$$

$\Delta BN$  = Incremento en el Beneficio Neto (\$/ha.)

$\Delta CV$  = Incremento en los Costos que varían (\$/ha.)

100 = Porcentaje.

El valor promedio más alto de la TMR, se calculó en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con 371% (Cuadro N° 6).

Esto quiere decir que el agricultor únicamente en función de los costos que varían en cada tratamiento gana 3,71 dólares respectivamente, por cada dólar invertido.

Estos resultados económicos se relacionan directamente con los resultados agronómicos, eficiencia agronómica, eficiencia química e

Índice de Nitrógeno; es decir bajo condiciones del suelo de Laguacoto III y el clima relativamente seco presentado durante el ciclo de cultivo, los productores aplicando 80 Kg/ha de N adicionalmente tienen la mejor TMR. Quizá productores/as con mejores condiciones climáticas y con riego el tratamiento de 120 Kg/ha de N sea más favorable.

Para agricultores muy pequeños, la aplicación de 40 Kg/ha de N, es una alternativa tecnológica válida.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

Una vez realizado los diferentes análisis estadísticos, agronómicos, física y química de suelos, Índice de Nitrógeno y económico, se sintetizan las siguientes conclusiones:

- La respuesta de la dosis de N en cuanto a la variable rendimiento de cebada fue estadísticamente diferente registrándose el promedio más alto en el tratamiento T<sub>3</sub> (80 Kg/ha de N) con 2264,55 Kg/ha al 14 % de humedad.
- Los componentes del rendimiento más importantes que contribuyeron a incrementar el rendimiento de cebada fueron, el número de espigas por metro cuadrado con el 80%, número de plantas por metro cuadrado con el 86% y la eficiencia agronómica con el 87%.
- El promedio más alto de la eficiencia agronómica, se cuantificó en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con un promedio de 14,60 Kg/ha de grano de cebada por cada Kg de N aplicado.
- La mayor eficiencia química del Nitrógeno se cuantificó en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con un promedio de 60,04%.
- El promedio más elevado de extracción de nitrógeno total en los restos vegetales y en el grano, se determinó en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con 98,23 Kg/ha, de los cuales el 61,18% se distribuyó en los restos vegetales y el 44,72% en el grano.
- La mayor eficiencia del nitrógeno total en el sistema, se calculó en el tratamiento T1 (0 Kg/ha de N) con el 33% sin aplicación de Nitrógeno, en T2 (40 Kg/ha de N) con el 31%, T3 (80 Kg/ha de N)



con 29%, T4 (120 Kg/ha de N) con 18% y T5 (160 Kg/ha de N) con 12%.

- Las condiciones climáticas principalmente la cantidad y distribución de la lluvia, características físicas, químicas y biológicas del suelo; así como el cultivar de cebada, influyeron en la eficiencia del Nitrógeno en el sistema de producción.
- Económicamente el tratamiento con el valor más alto de la Tasa Marginal de Retorno, fue el T3 con un valor de 371%.
- Finalmente esta investigación nos generó información preliminar valiosa para contribuir a mejorar la eficiencia del N, para reducir el impacto ambiental, a través de determinar las dosis más adecuadas de Nitrógeno de acuerdo a las condiciones climáticas de esta zona agroecológica.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Para zonas agro ecológicas con períodos de estrés de sequía durante el ciclo de cultivo y en suelos franco arcillosos con el cultivar de cebada INIAP - Guaranga 2010, se recomienda aplicar entre 40 y 80 Kg/ha de N, fraccionado en tres aplicaciones: 30; 60 y 90 días después de la siembra. La urea como fuente de N aplicar al voleo y en suelo húmedo.
- La variedad de cebada INIAP - Guaranga 2010 se adapta muy bien en esta zona agroecológica del Laguacoto III, misma que se debe cultivar en labranza convencional. La época de siembra adecuada para escapar los períodos de sequía son del 01 al 15 de marzo. La siembra se debe realizar al voleo o en surcos separados cada 0,2 m a chorro continuo. En el sistema de siembra al voleo, la cantidad de semilla es de 135 Kg/ha y en surcos 120 Kg/ha de semilla certificada.
- Es necesario replicar este estudio mínimo de 3 a 5 años para procesar información consistente del Índice de Nitrógeno y en varias localidades, porque la eficiencia del N está relacionada directamente con los factores climáticos, edáficos y el sistema de producción de cebada.
- Se recomienda validar este estudio de Índice de nitrógeno en el cultivo de cebada, en varias zonas agroecológicas de la provincia Bolívar producción como son en los cantones: Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes.
- Para mejorar la eficiencia y eficacia estos de la fertilización nitrogenada es recomendable contar con un sistema de riego en la Granja Laguacoto III, y así mejorar la productividad del cultivo de cebada.

- El costo más elevado de estos estudios son los análisis físicos y químicos del suelo antes, durante y al final del ensayo y a diferentes profundidades así como los análisis foliares, nutricionales durante y al final del ciclo de cultivo, siendo fundamental el apoyo a los estudiantes con el servicio de laboratorios de suelos y bromatológicos por parte de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del ambiente.

## **VI. RESUMEN Y SUMMARY**

### **6.1. RESUMEN**

El cultivo de cebada a nivel mundial ocupa el quinto lugar entre los cereales de mayor producción, es de vital importancia en la industria y alimentación humana, rico en proteínas, minerales y vitaminas. Su importancia estriba en que contiene nutrientes en forma concentrada, son fáciles de almacenar, transportar y se conserva por mucho tiempo, se puede utilizar como materia prima o como producto elaborado.

La cebada es muy exigente en fertilización nitrogenada, siendo el N un elemento indispensable para el buen desarrollo de este cultivo, sin embargo debido a factores bióticos y abióticos la eficiencia es baja.

Esta investigación se realizó en la Granja Experimental Laguacoto III en la Universidad Estatal de Bolívar. El sitio estuvo a una altitud de 2622 m, con un tipo de suelo franco arcilloso. La fecha de siembra fue el 28 de Marzo de 2011. Los objetivos de esta investigación fueron: i) Evaluar la respuesta agronómica de cinco niveles de nitrógeno sobre los principales componentes del rendimiento de cebada cultivar INIAP – Guaranga 2010. ii) Estudiar la eficiencia del Índice de Nitrógeno en el cultivo de cebada. iii) Realizar un análisis económico de Presupuesto Parcial y Tasa Marginal de Retorno (TMR %).

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos (dosis de N) y tres repeticiones, los tratamientos fueron; T1: 0 (testigo); T2: 40; T3: 80; T4: 120; T5: 160 Kg/ha de N. Se utilizó semilla de la variedad de cebada INIAP – Guaranga 2010. Se realizaron análisis de física y química de suelos antes y al final del ensayo así como análisis foliares y nutricionales Se realizaron ADEVAS; prueba de Tukey, Índice de Nitrógeno y análisis económico de presupuesto parcial. Los principales resultados obtenidos fueron:

- La respuesta de la dosis de N en cuanto a la variable rendimiento de cebada fue estadísticamente diferente registrándose el promedio más

alto en el tratamiento T<sub>3</sub> (80 Kg/ha de N) con 2264,55 Kg/ha al 14 % de humedad.

- Los componentes del rendimiento más importantes que contribuyeron a incrementar el rendimiento de cebada fueron, el número de espigas por metro cuadrado con el 80%, número de plantas por metro cuadrado con el 86% y la eficiencia agronómica con el 87%.
- El promedio más alto de la eficiencia agronómica, se cuantificó en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con un promedio de 14,60 Kg/ha de grano de cebada por cada Kg de N aplicado.
- La mayor eficiencia química del Nitrógeno se cuantificó en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con un promedio de 60,04%.
- El promedio más elevado de extracción de nitrógeno total en los restos vegetales y en el grano, se determinó en el tratamiento T3 (80 Kg/ha de N) con 98,23 Kg/ha, de los cuales el 61,18% se distribuyó en los restos vegetales y el 44,72% en el grano.
- La mayor eficiencia del nitrógeno total en el sistema, se calculó en el tratamiento T1 (0 Kg/ha de N) con el 33% sin aplicación de Nitrógeno, en T2 (40 Kg/ha de N) con el 31%, T3 (80 Kg/ha de N) con 29%, T4 (120 Kg/ha de N) con 18% y T5 (1600 Kg/ha de N) con 12%.
- Las condiciones climáticas principalmente la cantidad y distribución de la lluvia, las características físicas, químicas y biológicas del suelo; así como el cultivar de cebada, influyeron en la eficiencia del Nitrógeno en el sistema de producción.
- Económicamente el tratamiento con el valor más alto de la Tasa Marginal de Retorno, fue el T3 con un valor de 371%.

Finalmente esta investigación nos generó información preliminar valiosa para contribuir a mejorar la eficiencia del N, para reducir el impacto ambiental, a través de determinar las dosis más adecuadas de Nitrógeno de acuerdo a las condiciones climáticas de esta zona agroecológica.

## 6.2. SUMMARY

The cultivation of barley worldwide ranks fifth among the major cereal production is of vital importance in industry and human consumption, rich in protein, minerals and vitamins. Its importance lies in that it contains nutrients in concentrated form, are easily stored, transported and stored for long, can be used as raw material or finished product.

Barley is very demanding on nitrogen fertilization, N being an essential element for the successful development of this crop, however due to biotic and abiotic efficiency is low.

This research was conducted at the Experimental Farm Laguacoto III in Bolivar State University. The site is at an altitude of 2622 m, with a clay loam soil type. The planting date was March 28, 2011. The objectives in this research were to evaluate the agronomic response of five levels of nitrogen on the main yield components of barley grown INIAP - Guaranga 2010; study the efficiency index of nitrogen in the crop of barley, an economic analysis of Appropriation and Marginal Rate of Return (TMR%).

Design was a randomized complete block (RCBD) with five treatments (N rate) and three replicates, the treatments were: T1: 0 (control), T2: 40, T3: 80, T4: 120; T5: 160 kg / ha N. Seed was used barley variety INIAP - Guaranga 2010. There were physical and chemical analyses of soils before and at the end of the test and leaf analysis. We ADEVAS, Tukey test, nitrogen index and economic analysis of partial budget. The main results were:

- The dose response in terms of N on yield of barley was statistically different recorded the highest average in the T3 treatment (80 kg / ha N) and 2264.55 kg / ha to 14% humidity.
- The most important yield components that contributed to increase the yield of barley were number of spikes per square meter with 80%, number of plants per square meter with 86% and the agronomic efficiency to 87%.
- The highest average agronomic efficiency was quantified in the T3

treatment (80 kg N / ha) with an average of 14.60 kg / ha of barley grain per kg N applied.

- The highest average chemical efficiency was quantified in the T3 treatment (80 kg N / ha) with an average of 60.04%.
- The highest average total nitrogen removal of plant debris and grain, was estimated at T3 (80 kg N / ha) with 98.23 kg / ha, of which 61.18% is distributed in plant debris and 44.72% in the grain.
- Increased efficiency of total nitrogen in the system, was estimated at T1 (0 kg N / ha) with 33%.
- Weather conditions mainly the amount and distribution of rainfall, the physical, chemical and biological soil and the cultivation of barley, clearly influenced the efficiency of N in the production system.
- Economically treatment with the highest value of the marginal rate of return was the T3 with a value of 371%.

Eventually this research led us valuable background information to help improve the efficiency of N, to reduce environmental impact, low production costs with reduced tillage and N rates below 80 kg/ ha, making it more sustainable production of barley Bolivar province.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

1. AHLGREN, L. 1995. Producción Agrícola. 4ta edición. Editorial continental S.A de C. Vicaiz de Topan N° 4620. México. P. 192.
2. AMORES, F. 1992. Clima, Suelos, Nutrientes y Fertilización de cultivos en el Litoral Ecuatoriano, Ecuador. Estación Experimental Tropical Pichilingue INIAP – Manual Técnico # 26 P. 20
3. BASTIEN, G. 1994. Agricultura Gran Enciclopedia la Clave del Saber. Tomo I cuarta edición. Santa Fe de Bogotá Colombia Pp.74 – 77.
4. BAVER, L. GARNER, WH. y GARDNER, WR. 1991. Física de Suelos. 4ta edición. Editorial Hispano – Americana. México. Pp. 52 – 53.
5. BIOAGRO. 2010. Nitrificación del amonio a partir de un fertilizante de liberación controlada y urea convencional. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/ba/v22n3/art04.pdf>.
6. BLANCO, V. y BASTIEN, G. 1994. Horticultura. 2da edición. Editorial Bologna, Italia. P. 991.
7. CAÑADAS, C. 1999. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG – Pronareg. Quito. Pp. 155 – 156.
8. CIMMYT. 2007. Manual de Metodología sobre las enfermedades de los cereales. México. P. 46.



9. CORBELLA, R. 2004. Materia orgánica del suelo. Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Autónoma de Tucumán. P.420.
10. DELORIT, J. 2001. Producción Agrícola. 2da edición. Editorial Continental S.A. México. P. 184.
11. ECHAGUE, M. 2004. Fertilización Nitrogenada en Cebada cervecera. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com/articulos/echague/Fertilización%20Nitrogenada%20en%20Cebada%20Cervecera.asp>
12. ESAG, 210. Estadísticas Agropecuarias. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Cebada.pdf>
13. FAIRHURST, T. y WITT, C. 2002 Guía práctica para el manejo de nutrientes. España. Pp. 1 – 40.
14. FERRARIS, G. 2007. Efecto de un fertilizante foliar nitrogenado. Disponible en: <http://www.engomix.com/ma-agricultura/pasturas/articulos/efecto-fertilizante-foliar-nitrogenado-t1602/p0.htm>.
15. Fuentes principales de nitrógeno y aguas subterráneas. 2003. Art. de divulgación. Disponible en <http://ecoplexity.org/node/596htm>
16. GISPERT, C. 1998. Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadera. Fundamentos de la Agricultura. Tomo I Pp. 29 – 35.
17. GONZÁLEZ, C. 2002. Industrias de cereales y derivados. Ed. Mundi prensa. Disponible en <http://html.rincondelvago.com/la-cebada.html>

18. INEC. 2010. Instituto Ecuatoriano de estadísticas y censos. Sistema agroalimentario de la cebada. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Cebada.pdf>
19. INFOAGRO. 2007. El cultivo de cebada. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada2.htm>
20. INFOCEBADA. 2006. Información nutricional sobre la cebada. Disponible en: <http://infocebada.galeon.com/nutricional.htm>
21. INFOJARDIN. 2004. Carencias de Nitrógeno, Fosforo y Potasio. Disponible en: <http://articulos.infojardin.com/articulos/carencias-nitrogeno-fosforo-potasio.htm#nitrogeno>
22. IPNI. 2009. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos publicado por Phosphate Institute. Unidad 3.
23. JACKSON, M. 1982. Análisis Químico de Suelos. 2da edición. Editorial Omega S.A. Barcelona – España. Pp. 32 – 45.
24. JANEZ, G. 2002. Biblioteca de la Agricultura. Técnicas Agrícolas en Cultivos Extensivos. 4ta edición. Editorial Estudio Chifoni. Barcelona – España. P. 478.
25. KASS, D. 1998. Fertilidad de los suelos. 1era edición. Editorial Euned. San José – Costa Rica. P 233.
26. LOPEZ, C. 1995. Biblioteca Práctica y Ganadera. 2da edición. Editorial Océano. Barcelona – España. P. 290.
27. LUZURIAGA, C. 2001. Curso de Edafología General. 2da edición. Sangolqui – Ecuador. P. 132.

28. Manual de lombricultura. 2002. Relaciones Carbono/Nitrogeno. Disponible en: <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/2272.html>.
29. MARTIN, A. 1980. Introducción a la Microbiología del Suelo. Biología. 2da edición. Editorial Esperanza España - Barcelona. P. 243.
30. MARTÍNEZ, R., LOPÉZ, M. La fijación biológica del nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales. 4ta edición. Editorial CIARA. Caracas - Venezuela. P.166.
31. MONAR, C. 2000. Informe Anual Proyecto Integral Noroeste de Bolívar PI – INIAP – FEPP. Guaranda – Ecuador. P. 42.
32. MONAR, C. y REA, A. 2002. Manejo Agronómico del Cultivo de Cebada Boletín Divulgativo N° 4. Guaranda – Ecuador.
33. MONAR, C. 2008. Informe Anual de Labores. INIAP. Guaranda, Ecuador. P. 20.
34. MONAR, C. et, al. 2010. INIAP – GURANGA 2010. Nueva Variedad de Cebada para la Provincia de Bolívar. Pagable No. 330.
35. MONAR, C. 20011. Entrevista Personal sobre el cultivo de cebada. Guaranda – Ecuador.
36. MONAR, C. 2011. Entrevista Personal sobre requerimientos edafoclimáticos del cultivo de cebada. Guaranda – Ecuador.

37. MONAR, C. 2009. Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda – Ecuador.
38. OSPINA, J. 2004. Enciclopedia Agropecuaria Terranova Producción Agrícola Tomo II. 2da edición. Santa Fé de Bogotá - Colombia Pp. 43 -56.
39. PLANTPRO. 2010. Virus del enanismo amarillo de la cebada. Disponible en: [http://www.plantprotection.hu/modulok/spanyol/barley/bydv\\_bar.htm](http://www.plantprotection.hu/modulok/spanyol/barley/bydv_bar.htm)
40. PARZONS, M. 1994. Manuales para Educación Agropecuaria. 2da edición. Editorial Trillas. México. Pp. 9 – 10.
41. QUINTERO, C. 2000. Eficiencia del uso de nitrógeno en trigo y maíz en la región pampeana de Argentina. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/quintero/Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrogeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz>
42. RODRIGUEZ, F. 1992. Fertilizantes- Nutrición vegetal. AGT, Editor México. Pp. 40 – 59.
43. RAMÍREZ, M. 2004. Desarrollo de un método alternativo de producción de almácigos de tomate con bacterias fijadoras de nitrógeno. Tesis Ingeniería en Biotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología, Carrera de Ingeniería en Biotecnología. P. 66.
44. RICO, E. 2006. Mejoramiento de Cebada en Colombia. Agricultura Tropical. 4ta edición. Bogotá – Colombia. P. 249.

45. ROJAS, M. 2003. Granos y cereales. Poligrafiado entregado en clases. Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias. P. 150.
46. ROMERO, L. 1995. Algunos aspectos de la nutrición mineral de las plantas. 4ta edición. Editorial IICA. San José – Costa Rica. P. 256.
47. Técnico en Agricultura. 2002. Madrid España. Edición Cultural. S.A. Pp. 68, 334, 465, 466
48. TORRES, C. 2002. Manual Agropecuario. Tecnologías de la granja integral autosuficiente. 2da edición. Bogotá – Colombia. P.1071. Disponible en la pág. Web: [www.hojucames.org](http://www.hojucames.org).
49. VALVERDE, F. 2002. Curso de Edafología segundo año, Universidad Técnica del Norte, Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra – Ecuador. Pp. 62 - 66.
50. WITT, C.; BALASUBRANANIAN, V.; DOBERMAN, A.; and BURESH, R. 2002. and BURESH, R. 2002. Nutrient management. pp 1-45. In Fairhurst, T. and C Witt (eds.) Rice: a practical guide for nutrient management. Potash and Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute (IRRI). pp. 1-100.
51. ZILLINSKY, F. 2000. Guía para la identificación de enfermedades en cereales de grano pequeño. 2da edición México. p 138.
52. <http://www.selba.org/EspTaster/Ecologica/Agua/Desnitrificacion.html>
53. [http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_del\\_nitr%C3%B3geno](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_nitr%C3%B3geno).

**ANEXOS**



# ANEXO N° 1.

## Mapa del lugar del ensayo



## ANEXO N° 2

### 2.1. Análisis físico, químico del suelo al inicio del cultivo

 <b>INIAP</b> <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA</small>	<b>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b> <b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693												
<b>REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS</b>													
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : UNIV. ESTATAL DE BOLIVAR Dirección : GUARANDA Ciudad : Teléfono : Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : LAGUACOTO 3 Provincia : BOLIVAR Cantón : GUARANDA Parroquia : VENTIMILLA Ubicación :	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> Cultivo Actual : TRIGO Fecha de Muestreo : 27/01/2011 Fecha de Ingreso : 27/01/2011 Fecha de Salida : 22/02/2011											
N° Muestr. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH <sub>4</sub>	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
83813	LOTE A1 0-30	6,4 <b>LAc</b>	35,00 <b>M</b>	7,50 <b>B</b>	9,70 <b>B</b>	0,26 <b>M</b>	11,30 <b>A</b>	2,60 <b>A</b>	1,6 <b>B</b>	11,7 <b>A</b>	116,0 <b>A</b>	4,0 <b>B</b>	0,60 <b>B</b>
83814	LOTE A1 30-60	6,9 <b>PN</b>	28,00 <b>B</b>	7,90 <b>B</b>	8,20 <b>B</b>	0,23 <b>M</b>	14,70 <b>A</b>	4,00 <b>A</b>	1,7 <b>B</b>	10,8 <b>A</b>	94,0 <b>A</b>	1,6 <b>B</b>	0,40 <b>B</b>

INTERPRETACION			
pH		Elementos	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo	
LAc = Liger. Acido	LAl = Lige. Alcalino	M = Medio	
PN = Prac. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto	
	RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)	

METODOLOGIA USADA			
pH = Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado		
S, B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado		
	B = Curcumina		

RESPONSABLE LABORATORIO	LABORATORISTA
-------------------------	---------------



## 2.2. Análisis físico, químico del suelo después del cultivo

 <b>INIAP</b> INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS	<b>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b> <b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;"><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <b>Nombre</b> : UNIVERSIDAD ESTATAL BOLIVAR <b>Dirección</b> : GUARANDA <b>Ciudad</b> : <b>Teléfono</b> : <b>Fax</b> :	<p style="text-align: center;"><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <b>Nombre</b> : LAGUACOTO 3 <b>Provincia</b> : BOLIVAR <b>Cantón</b> : GUARANDA <b>Parroquia</b> : VEINTIMILLA <b>Ubicación</b> :	<p style="text-align: center;"><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <b>Cultivo Actual</b> : <b>Fecha de Muestreo</b> : 16/09/2011 <b>Fecha de Ingreso</b> : 19/09/2011 <b>Fecha de Salida</b> : 06/10/2011
--	---	--

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH <sub>4</sub>	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
86002	T1 M1	6,51 PN	20,00 B	19,00 M	5,00 B	0,57 A	13,00 A	3,10 A	3,0 M	17,1 A	228,0 A	13,0 M	1,70 M
86003	T2 M1	6,42 LAc	14,00 B	20,00 M	4,50 B	0,69 A	12,70 A	3,10 A	3,7 M	17,6 A	245,0 A	16,1 A	1,70 M
86004	T3 M1	6,40 LAc	27,00 B	18,00 M	4,10 B	0,73 A	13,80 A	3,30 A	3,2 M	17,6 A	245,0 A	16,6 A	1,80 M
86005	T4 M1	6,46 LAc	54,00 M	20,00 M	4,50 B	0,64 A	12,70 A	3,00 A	3,2 M	17,1 A	236,0 A	14,5 M	1,80 M
86006	T5 M1	6,29 LAc	41,00 M	14,00 M	3,30 B	0,64 A	11,80 A	2,80 A	2,8 M	14,9 A	184,0 A	14,8 M	1,80 M
86007	T1 M2	7,04 PN	5,00 B	11,00 M	5,50 B	0,39 M	15,10 A	4,50 A	3,7 M	18,4 A	156,0 A	3,6 B	1,90 M
86008	T2 M2	7,01 PN	10,00 B	7,10 B	5,30 B	0,51 A	11,10 A	3,70 A	6,0 M	18,3 A	173,0 A	2,9 B	1,30 M
86009	T3 M2	7,16 PN	12,00 B	6,90 B	5,30 B	0,47 A	12,40 A	4,00 A	4,7 M	16,9 A	139,0 A	2,4 B	1,30 M
86010	T4 M2	7,11 PN	4,00 B	9,00 B	5,80 B	0,36 M	10,50 A	3,20 A	5,7 M	17,8 A	147,0 A	3,3 B	1,40 M
86011	T5 M2	6,97 PN	8,00 B	7,10 B	6,20 B	0,59 A	11,30 A	3,40 A	5,0 M	18,5 A	193,0 A	4,2 B	1,40 M

INTERPRETACION				
pH		Elementos		
Ac	= Acido	N	= Neutro	
LAc	= Liger. Acido	LAI	= Lige. Alcalino	
PN	= Prac. Neutro	AI	= Alcalino	
	RC	= Requieren Cal	T	= Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA			
pH	= Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg	= Olsen Modificado
S, B	= Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	= Olsen Modificado
		B	= Curcumina

  
 RESPONSABLE LABORATORIO

  
 LABORATORISTA



## ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"

LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS

Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre :	UNIVERSIDAD ESTATAL BOLIVAR
Dirección :	GUARANDA
Ciudad :	
Teléfono :	
Fax :	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre :	LAGUACOTO 3
Provincia :	BOLIVAR
Cantón :	GUARANDA
Parroquia :	VEINTIMILLA
Ubicación :	

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual :	
Fecha de Muestreo :	16/09/2011
Fecha de Ingreso :	19/09/2011
Fecha de Salida :	06/10/2011

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	NTot	N- NO <sub>3</sub>	Arena	Limo	Arcilla	
86002					3,20 M	4,19	5,44	28,25	16,67		6,80				
86003					3,00 M	4,10	4,49	22,90	16,49		19,00				
86004					3,20 M	4,18	4,52	23,42	17,83		24,70				
86005					3,20 M	4,23	4,69	24,53	16,34		23,70				
86006					3,40 M	4,21	4,38	22,81	15,24		36,50				
86007					1,90 B	3,36	11,54	50,26	19,99		4,40				
86008					1,30 B	3,00	7,25	29,02	15,31		3,60				
86009					1,20 B	3,10	8,51	34,89	16,87		3,90				
86010					1,50 B	3,28	8,89	38,06	14,06		4,20				
86011					1,50 B	3,32	5,76	24,92	15,29		6,80				

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
<b>B</b> = Bajo	<b>NS</b> = No Salino	<b>S</b> = Salino	<b>B</b> = Bajo
<b>M</b> = Medio	<b>LS</b> = Lig. Salino	<b>MS</b> = Muy Salino	<b>M</b> = Medio
<b>T</b> = Tóxico			<b>A</b> = Alto

ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Pasta Saturada
M.O.	= Dicromato de Potasio
Al+H	= Titulación NaOH

  
 RESPONSABLE LABORATORIO

  
 LABORATORISTA

### 2.3. Reporte de análisis foliares tejido vegetal

 <b>INIAP</b> <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	<b>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b> <b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

#### REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

<p style="text-align: center;"><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR                  Dirección : GUARANDA                  Ciudad :                  Teléfono :                  Fax :</p>	<p style="text-align: center;"><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre : LAGUACOTO 3                  Provincia : BOLIVAR                  Cantón : GUARANDA                  Parroquia : VEINTIMILLA                  Ubicación :</p>	<p style="text-align: center;"><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>Cultivo : CEBADA                  Fecha de Muestreo : 16/09/2011                  Fecha de Ingreso : 23/09/2011                  Fecha de Salida : 09/01/2012</p>
---	---	---

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.S.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
18235	T1	0,64	0,08	1,16	0,55	0,16		89,30							
18236	T2	0,64	0,06	1,15	0,46	0,04		88,90							
18237	T3	1,00	0,05	0,08	0,40	0,09		89,50							
18238	T4	1,71	0,06	1,61	0,41	0,05		88,80							
18239	T5	1,00	0,08	1,50	0,49	0,13		90,00							

**INTERPRETACION**  
**B** = Bajo  
**S** = Suficiente  
**A** = Alto

  
 \_\_\_\_\_  
**RESPONSABLE LABORATORIO**

  
 \_\_\_\_\_  
**LABORATORISTA**

## 2.4. Reporte de análisis foliares grano

 <b>INIAP</b> <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	<b>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b> <b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

### REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

<p style="text-align: center;"><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR                  Dirección : GUARANDA                  Ciudad :                  Teléfono :                  Fax :</p>	<p style="text-align: center;"><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre : LAGUACOTO 3                  Provincia : BOLIVAR                  Cantón : GUARANDA                  Parroquia : VEINTIMILLA                  Ubicación :</p>	<p style="text-align: center;"><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>Cultivo : CEBADA                  Fecha de Muestreo : 16/09/2011                  Fecha de Ingreso : 30/09/2011                  Fecha de Salida : 24/10/2011</p>
---	---	---

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.S.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
18313	T1 GRANO	2,07	0,30	0,29	0,03	0,12		89,10							
18314	T2 GRANO	1,97	0,30	0,36	0,05	0,12		88,90							
18315	T3 GRANO	2,14	0,32	0,28	0,02	0,04		88,80							
18316	T3 GRANO	2,43	0,32	0,41	0,03	0,14		88,90							
18317	T5 GRANO	2,21	0,31	0,38	0,08	0,16		88,90							

**INTERPRETACION**  
 B = Bajo  
 S = Suficiente  
 A = Alto

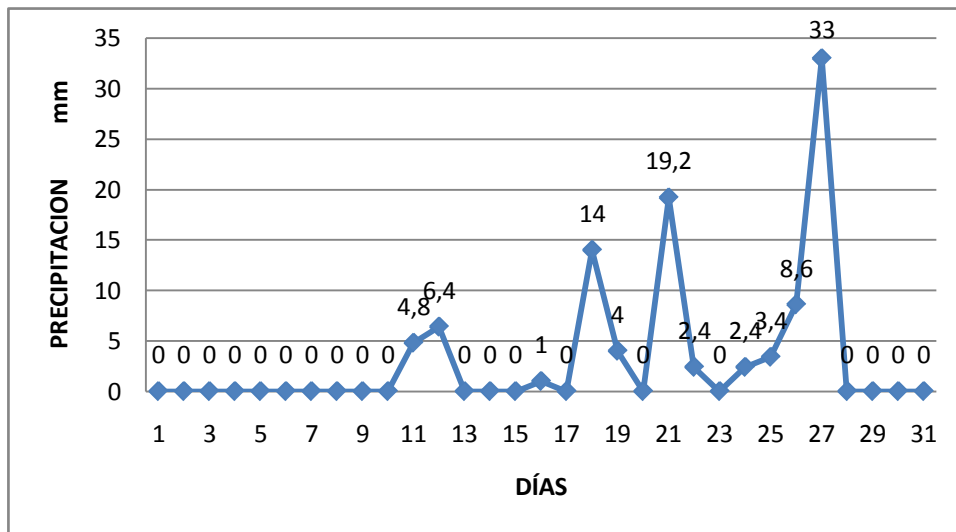
  
 \_\_\_\_\_  
**RESPONSABLE LABORATORIO**

  
 \_\_\_\_\_  
**LABORATORISTA**

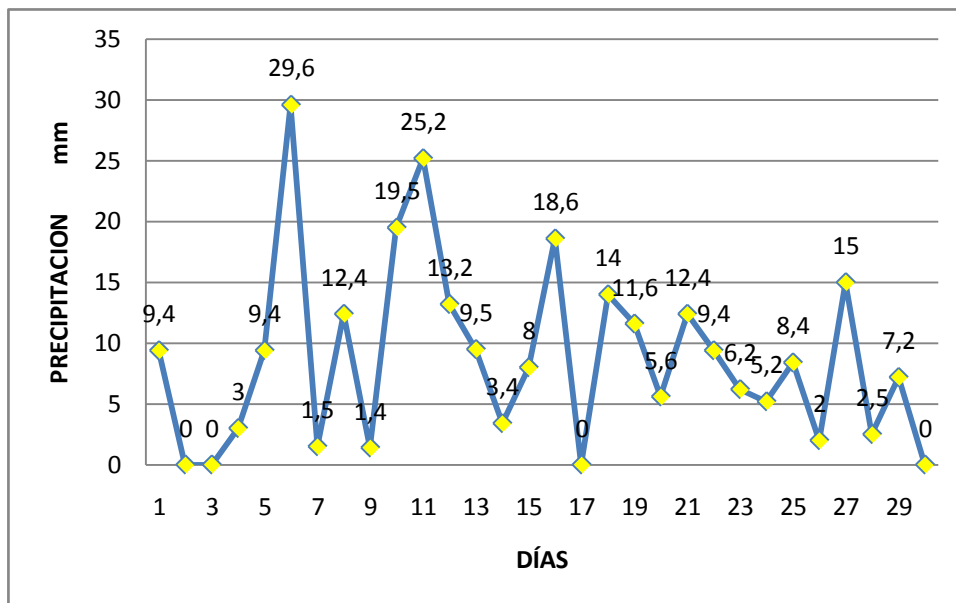
### ANEXO Nº 3

Datos de precipitación durante el ciclo de cultivo (Marzo 2011- agosto del 2011).

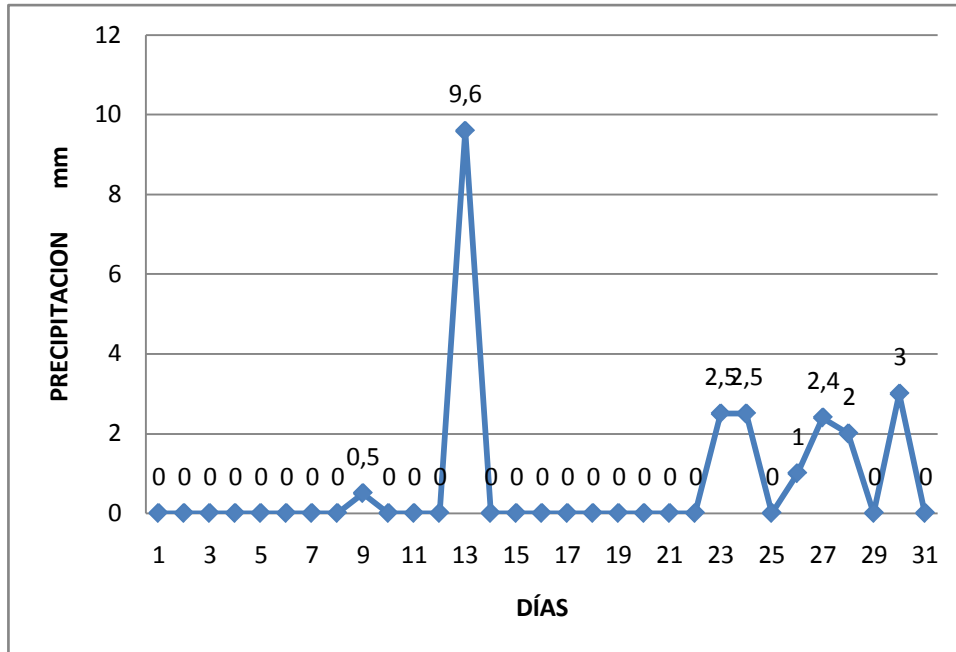
Marzo del 2011 (del 28 al 31). Distribución y cantidad de precipitación 99.1 mm



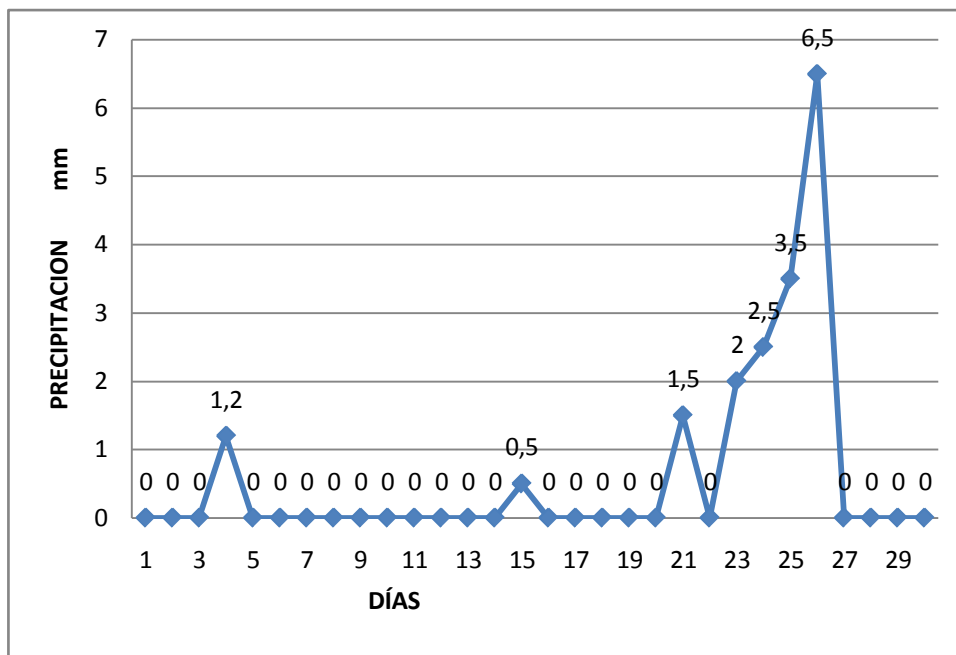
Abril del 2011. Distribución y cantidad de precipitación 263,6 mm



Mayo del 2011. Distribución y cantidad de precipitación 23,5 mm

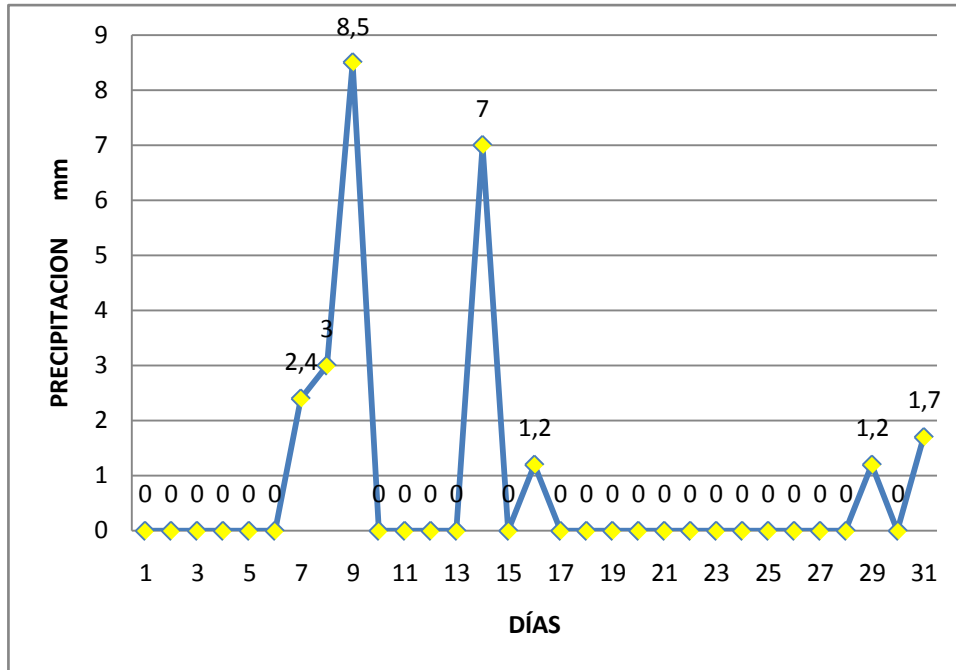


Junio del 2011. Distribución y cantidad de precipitación 17,7 mm

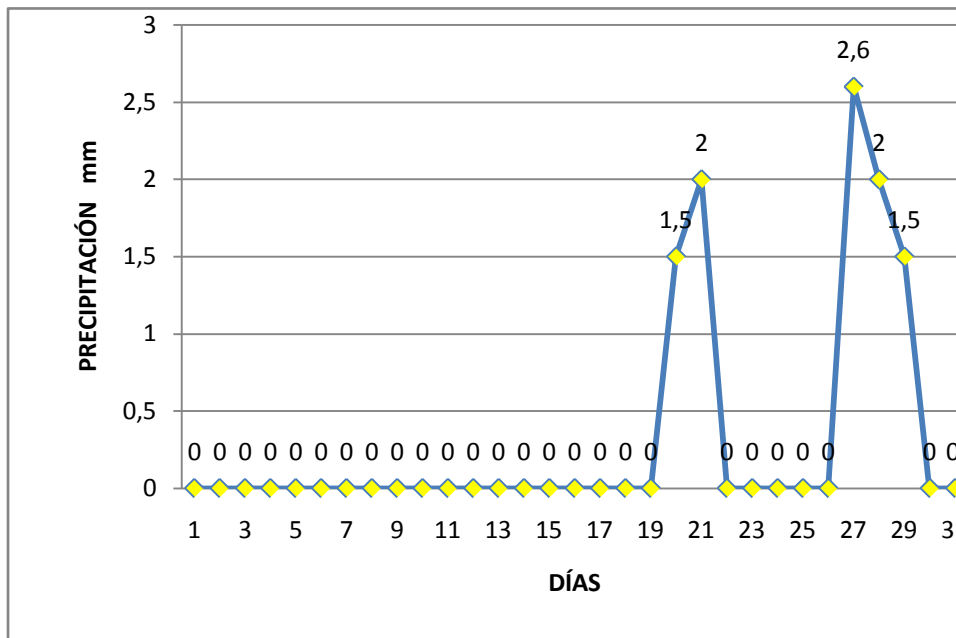




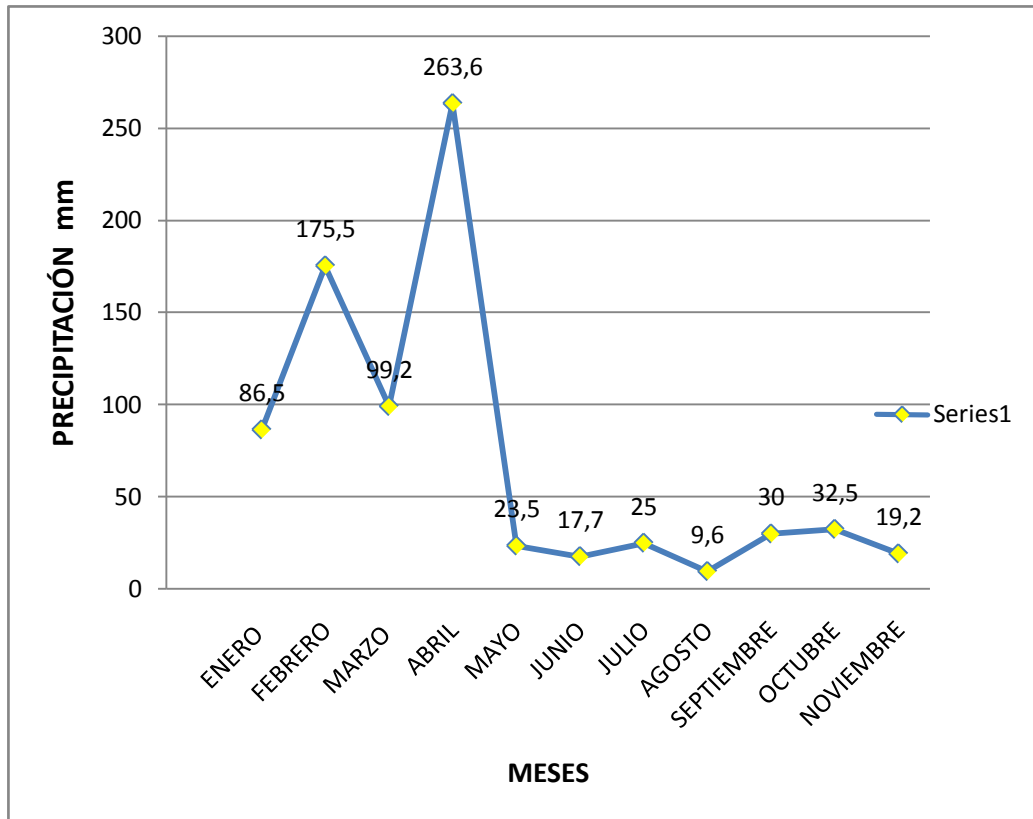
Julio del 2011. Distribución y cantidad de precipitación 25 mm



Agosto del 2011. Cantidad de precipitación 9,6 mm



Cantidad y distribución de la precipitación anual 2011 (Enero – Diciembre)





## ANEXO Nº 4 Base de datos

CEBADA INIAP- GUARANGA 2010

Title: EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA EFICIENCIA DEL USO DE N

Function: PRLIST

Data case no. 1to 15

List of Variables Agronómicas

Var Type Name / Description

- 1 NUMERIC TRATAMIENTOS
- 2 NUMERIC REPETICIONES
- 3 NUMERIC DÍAS A LA EMERGENCIA DE PLANTULA
- 4 NUMERIC NÚMERO DE PLANTAS POR M<sup>2</sup>
- 5 NUMERIC NÚMERO DE MACOLLOS POR PLANTA
- 6 NUMERIC DÍAS A LA FLORACIÓN
- 7 NUMERIC ALTURA DE PLANTAS EN CM
- 8 NUMERIC NÚMERO DE ESPIGAS POR M<sup>2</sup>
- 9 NUMERIC NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA
- 10 NUMERIC LONGITUD DE ESPIGA
- 11 NUMERIC ACAME DEL TALLO
- 12 NUMERIC VIRUS BYD (0 – 9)
- 13 NUMERIC Fusarium nivale hoja
- 14 NUMERIC Helminthosporium spp
- 15 NUMERIC Rhynchosporium secalis
- 16 NUMERIC DESGRANE DE ESPIGA
- 17 NUMERIC DIAS A LA COSECHA
- 18 NUMERIC RENDIMIENTO EN Kg POR HECTÁREA
- 19 NUMERIC PESO DE MIL SEMILLAS EN GRAMOS
- 20 NUMERIC PESO HECTOLÍTRICO

CASE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	1	7	264	2	66	59,28	228	18	5,6	2	6	2	2	3	2	127	1471,85	40,00	64,40
2	1	2	7	292	3	66	63,76	250	24	7,1	2	6	2	2	3	2	129	1941,27	38,50	62,50
3	1	3	6	299	4	66	65,99	271	28	8,1	1	5	1	1	2	1	126	2604,29	39,00	63,71
4	1	4	6	273	2	67	64,13	237	22	6,9	1	5	1	1	2	1	128	1672,91	42,00	67,30
5	1	5	6	267	3	67	62,34	217	20	9,0	1	5	1	1	2	1	130	1494,87	59,00	65,50
6	2	1	7	267	2	66	60,76	226	18	5,4	2	6	2	2	3	2	126	1544,65	40,50	63,71
7	2	2	7	287	3	68	65,03	256	24	7,3	2	6	2	2	3	2	130	1943,83	41,00	65,00
8	2	3	6	302	5	69	67,02	275	28	10,1	1	5	1	1	2	1	126	2691,12	39,00	63,10
9	2	4	6	270	3	69	64,52	241	20	6,5	1	5	1	1	2	1	128	1693,02	39,50	65,00
10	2	5	7	268	2	67	63,52	221	20	5,2	1	5	1	1	2	1	129	1658,86	37,00	63,70
11	3	1	7	270	3	66	62,01	230	20	6,1	2	6	2	2	3	2	127	1472,96	38,00	61,12
12	3	2	7	284	4	67	63,99	254	26	7,9	2	6	2	1	2	2	128	1668,23	39,50	65,10
13	3	3	6	305	5	67	68,54	269	26	9,2	1	5	1	1	2	1	126	2698,25	40,50	64,90
14	3	4	6	272	3	67	66,20	239	20	6,2	2	6	2	2	3	2	130	1671,20	43,50	65,52
15	3	5	6	266	4	66	61,97	229	20	6,1	1	5	1	1	2	1	129	1643,14	39,50	66,90

Function: PRLIST

Data case no. 1to 15

List of Indicadores de Química de suelos y de la planta

Var Type Name / Description

- 1 NUMERIC TRATAMIENTOS
- 2 NUMERIC REPETICIONES
- 3 NUMERIC pH DEL SUELO PROFUNDIDAD DE 0 – 30 cm
- 4 NUMERIC NH<sub>4</sub> EN Kg/ha PROFUNDIDAD DE 0 – 30 cm
- 5 NUMERIC N-NO<sub>3</sub> EN Kg/ha PROFUNDIDAD DE 0 – 30 cm
- 6 NUMERIC MATERIA ORGANICA DE 0 – 30 cm
- 7 NUMERIC pH DEL SUELO PROFUNDIDAD DE 30 – 60 cm
- 8 NUMERIC NH<sub>4</sub> EN Kg/ha PROFUNDIDAD DE 30 – 60 cm
- 9 NUMERIC N-NO<sub>3</sub> EN Kg/ha PROFUNDIDAD DE 30 – 60 cm
- 10 NUMERIC MATERIA ORGÁNICA DE 0 – 60 cm
- 11 NUMERIC BIOMASA TOTAL EN Kg/ha
- 12 NUMERIC BIOMASA DE LOS RESIDUOS EN Kg/ha
- 13 NUMERIC EXTRACCIÓN DEL N TOTAL EN Kg/ha
- 14 NUMERIC EXTRACCIÓN DEL N DE RESIDUOS EN Kg/ha
- 15 NUMERIC MATERIA SECA EN % DE LOS RESIDUOS
- 16 NUMERIC BIOMASA DEL GRANO EN Kg/ha
- 17 NUMERIC EXTRACCIÓN DEL N DEL GRANO EN Kg/ha
- 18 NUMERIC MATERIA SECA EN % DEL GRANO
- 19 NUMERIC EFICIENCIA AGRONÓMICA
- 20 NUMERIC EFICIENCIA QUÍMICA

CASE

CASE NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	1	6,51	40,0	13,60	3,20	7,04	10	8,80	1,90	4762,66	3214,80	52,54	20,57	89,30	1544,3	31,97	89,1	0,00	0,00
2	1	2	6,42	28,0	38,00	3,00	7,01	20	7,20	1,30	5926,66	3911,60	64,73	25,03	88,90	2015,0	39,70	88,9	11,73	30,47
3	1	3	6,4	54,0	49,40	3,20	7,16	24	7,80	1,20	7160,00	5012,00	95,73	50,12	89,50	2131,2	45,61	88,8	14,15	53,98
4	1	4	6,46	108,0	47,40	3,20	7,11	8	8,40	1,50	5310,00	3670,39	97,32	62,76	88,80	1422,4	34,56	88,9	1,67	37,31
5	1	5	6,29	82,0	73,00	3,40	6,97	16	13,60	1,50	5400,00	3839,99	72,45	38,40	90,00	1540,9	34,05	88,9	0,14	12,44
6	2	1	6,78	41,0	13,44	3,10	6,80	8	7,94	1,70	3334,61	1905,00	43,79	15,24	89,32	1413,4	28,55	88,3	0,00	0,00
7	2	2	6,48	27,0	36,00	2,80	6,96	16	6,90	1,19	7349,88	5334,60	63,01	27,12	88,91	1940,0	35,89	85,6	9,98	48,05
8	2	3	6,43	55,0	42,92	3,12	7,05	22	7,34	1,15	8833,62	6684,90	99,63	56,14	89,53	2121,6	43,49	88,4	14,33	69,80
9	2	4	6,49	109,0	44,06	3,13	7,08	6	8,30	1,70	5450,07	3672,87	95,98	56,97	88,86	1773,4	39,01	88,7	1,23	43,49
10	2	5	6,32	83,0	68,96	3,25	7,01	14	12,60	1,49	6916,00	5338,66	89,16	55,52	91,00	1550,5	33,64	89,5	0,71	28,35
11	3	1	6,52	39,0	13,80	3,40	7,25	12	9,20	2,00	6122,13	4591,60	54,26	23,42	88,30	1541,8	30,84	89,1	0,00	0,00
12	3	2	6,49	29,0	42,00	3,15	7,18	22	7,50	1,27	6712,52	4674,80	67,84	29,92	89,90	2370,1	37,92	88,9	4,88	33,95
13	3	3	6,45	53,0	49,78	3,28	7,32	26	7,94	1,19	9034,66	6293,32	99,33	56,64	80,00	2134,3	42,69	88,9	15,31	56,33
14	3	4	6,47	110,0	48,04	3,27	7,18	10	8,64	1,53	5446,39	3670,39	99,72	60,56	88,80	1780,2	39,16	89,0	1,65	37,88
15	3	5	6,37	80,0	74,06	3,55	7,02	20	13,74	1,57	5362,12	3777,86	68,03	30,98	91,40	1543,7	37,05	89,1	1,06	8,60

## ANEXO Nº 5

### Fotografías del manejo del ensayo.

Toma de muestras de suelo antes del ensayo: 0 – 30 cm y 30 – 60 cm



Toma de muestras de suelo después del ensayo: 0 – 30 cm y 30 – 60 cm





## Preparación del terreno y trazado de parcelas



## Siembra del ensayo





## Evaluación de días a la emergencia



## Evaluación de número de plantas por m<sup>2</sup>





## Control químico de malezas



## Evaluación de número de macollos por planta





## Riego y aplicación del Nitrógeno fraccionada en tres aplicaciones



## Visita del Tribunal de Tesis





## Evaluación de altura de plantas en cm y longitud de espiga



## Evaluación de enfermedades foliares:





**Visita del Dr. Jorge Delgado científico de ARS - USA**



**Toma de muestras de restos vegetales y grano de (0,75 m<sup>2</sup>)**





## Cosecha manual y transporte



## Preparación de las muestras de restos vegetales y del grano para el envío al Laboratorio





## Trilla con la maquina experimental del INIAP Santa Catalina



## Limpeza del grano en la Estación Experimental Santa Catalina



## Determinación del peso Hectolítrico



## Determinación del peso de mil semillas y porcentaje de humedad





## Determinación del rendimiento en Kg por parcela



## ANEXO N° 6

### GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS

**Aeróbico.-** Organismos que pueden vivir o desarrollarse en presencia de oxígeno.

**Ahijamiento.-** Facultad de las gramíneas de crear nuevos individuos a partir de los meristemos axilares de la planta madre.

**Albumen.-** Tejido que rodea el embrión de algunas plantas, como el trigo y el ricino, y le sirve de alimento cuando la semilla germina. Su aspecto varía según la naturaleza de las sustancias nutritivas que contiene, pudiendo ser carnoso, amiláceo, oleaginoso, corneo y mucilaginoso.

**Aleurona.-** Es la capa externa de los cereales.

**Amina.-** Son compuestos que se forman al sustituir uno o más hidrógenos del amoníaco. Se clasifican en primarias, secundarias o terciarias según se sustituya uno, dos o tres de los hidrógenos.

**Amida.-** Son derivados de los ácidos carboxílicos. Todas las amidas contienen un átomo de nitrógeno unido a un grupo carbonilo.

**Amonio.-** Radical monovalente formado por un átomo de nitrógeno y cuatro de hidrógeno, y que en sus combinaciones tiene semejanzas con los metales alcalinos.

**Arable.-** A propósito para ser arado.

**Aurícula.-** Prolongación de la parte inferior del limbo de las hojas.

**Autógama.-** Plantas que poseen sus órganos de reproducción tanto como femenino como masculino en la misma flor, puede auto fecundarse.

**Biomasa.-** Materia total de los seres q viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.



**Cariópside.-** Fruto seco e indehisciente a cuya única semilla esta últimamente adherido el pericarpio; ej. El grano del trigo.

**Competitividad.-** Capacidad de competir. Rivalidad para la consecución de un fin.

**Cloróticas.-** Amarilleo de las partes verdes de una planta debido a la falta de actividad de sus cloroplastos.

**Deficiencia.-** Funcionamiento inferior a lo normal que se manifiesta desde la siembra y está asociado a desajustes en el comportamiento.

**Desnitrificación.-** Es la transformación biológica del nitrato en gas nitrógeno, oxido nítrico y oxido nitroso. Éstos son compuestos gaseosos y no son fácilmente accesibles para el crecimiento microbiano.

**Eficiencia.-** Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado positivo.

**Eficiencia agronómica del nitrógeno.-** La eficiencia agronómica del nitrógeno aplicado en los cultivos se puede optimizar coordinando la aplicación del fertilizante con el requerimiento real del cultivo. Un estrategia es la aplicación fraccionada de nitrógeno basada en el monitoreo del estado de N en la planta y el suelo.

**Espiguillas.-** Cada una de las espigas pequeñas que están formadas por varias flores que después de la fecundación da origen al fruto.

**Encamado.-** Tumbado de tallo de una gramínea causado por el efecto del viento o exceso de abono nitrogenado, entre otros.

**Extensivo.-** Que se extiende o se puede extender, comunicar o aplicar a más cosas.

**Fasciculada.-** Raíz en forma de cabellera típica de los cereales.

**Fijación.-** Acción y efecto de fijar o fijarse. . Estado de reposo a que se reducen las materias después de agitadas y movidas por una operación química

**Glumas.-** Cubierta floral de las plantas gramíneas, que se compone de dos valvas a manera de escamas, insertas debajo del ovario.

**Glúten.-** Proteína de reserva nutritiva que se encuentra en las semillas de las gramíneas junto con el almidón.

**Hibridación.-** Producción de seres híbridos. Función de dos células de distinta estirpe para dar lugar a otra característica mixta. Asociación de dos moléculas con cierto grado de complementariedad.

**Inorgánico.-** Dicho de un cuerpo: Sin órganos para la vida, como los minerales. Dicho de un conjunto: Falto de la conveniente ordenación de las partes.

**Índice de nitrógeno.-** La eficacia de los fertilizantes nitrogenados en la maximización de la producción agrícola y aumento de beneficios económicos para los agricultores ha llevado a su uso generalizado. Sin embargo, cuando este elemento se aplica a un sistema de producción, se puede entrar al ambiente circundante a través de la superficie de la atmósfera y las vías de lixiviación.

**Interacción.-** Acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, agentes, fuerzas, funciones, etc.

**Lixiviar.-**Tratar una sustancia compleja, como un mineral, con un disolvente adecuado para separar sus partes solubles de las insolubles.

**Molibdeno.-** El molibdeno es un mineral con muchas propiedades pero es muy conocido por ser indispensable en el metabolismo y absorción del hierro.

**Nitrógeno.-** Es un elemento químico, de número atómico 7, símbolo N y que en condiciones normales forma un gas diatómico (nitrógeno diatómico o molecular) que constituye del orden del 78% del aire atmosférico.

**Nitrito.-** Son sales o ésteres del ácido nitroso ( $\text{HNO}_2$ ). En la naturaleza los nitritos se forman por oxidación biológica de las aminas y del amoníaco, o por reducción del nitrato en condiciones anaeróbicas.

**Nitrato.-** Los nitratos son sales o ésteres del ácido nítrico  $\text{HNO}_3$ .

**Nitrosomonas.-** Es un género de bacterias elipsoidales del suelo.

**Nitrosococcus.-** Es un género microbiológico comprendiendo bacterias elipsoidales del suelo. Son importantes en el ciclo del nitrógeno por transformar amonio (tóxico) a nitrito.

**Nitrobacter.-** Microorganismo aeróbico que convierte los nitritos en nitratos. Son bacterias benéficas en los acuarios.

**Nitrificación.-** Proceso en el cual, el amonio se transforma primero en nitrito y éste en nitrato, mediante la acción de las bacterias aerobias del suelo.

**Pústulas.-** Protuberancias o abultamiento en una planta que en su interior poseen micelios de hongos patógenos.

**Pluviometría.-** Medida de las precipitaciones caídas en una localidad o región durante un tiempo dado.

**Precocidad.-** Calidad de precoz. Ciclo de cultivo precoz. En trigo menor a 120 días.

**Ramificación.-** División y extensión de las venas, arterias o nervios, que, como ramas, nacen de un mismo principio o tronco.

**Solubilización.-** Es dado por la disolución de especies minerales que están en desequilibrio con las condiciones del medio que las contiene.

**Raquilla.-** Es la base de cada flor en la espiguilla.

**Susceptible.-** Capas de recibir modificación o impresión.

**Traslocación.-** Acción sistémica es la acción de un insecticida o fungicida cuando éste es absorbido por las raíces u hojas.

**Volatilización.-** La volatilización de N desde el suelo implica el pasaje del  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NH}_3$  que a presión atmosférica es un gas. Las pérdidas por volatilización pueden ser particularmente importantes (10 a 40 % de N) cuando se agrega urea en superficie sin incorporar. El proceso es favorecido por altas temperaturas y pH y baja humedad.